

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

ЮРГИНСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
Федерального государственного автономного образовательного учреждения
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Направление подготовки 15.03.01 «Машиностроение»
Кафедра «Технология машиностроения»

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
на соискание квалификации «бакалавр»

Тема работы	
Исследование закономерностей формирования акустической эмиссии и вибрации при безвершинном течении нежестких валов ФЮРА.А21080.011	
ФЮРА.А21080.000 ПЗ	

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
10А21	Бровкин Глеб Сергеевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	А.В. Филиппов	к.т.н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Д.Н. Нестерук			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	В.А. Портола	д.т.н., профессор		

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	А.А. Ласуков	к.т.н., доцент		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	А.А. Моховиков	к.т.н., доцент		

Юрга – 2016 г.

Министерство образования и науки Российской Федерации
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
 высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

ЮРГИНСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
 Федерального государственного автономного образовательного учреждения
 высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Направление подготовки 15.03.01 «Машиностроение»
 Кафедра «Технология машиностроения»

УТВЕРЖДАЮ:
 Зав. кафедрой
 _____ А.А. Моховиков
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
10А21	Бровкин Глеб Сергеевич

Тема работы:

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ФОРМИРОВАНИЯ АКУСТИЧЕСКОЙ
 ЭМИССИИ И ВИБРАЦИИ ПРИ БЕЗВЕРШИННОМ ТОЧЕНИИ НЕЖЕСТКИХ
 ВАЛОВ ФЮРА.А21080.011**

Утверждена приказом директора (дата, номер)

№29/С от 29.01.2016г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:

17.06.2016г.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе (наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).

Объектом исследования являются нежесткие валы с соотношением длины вала к его диаметру от 10 до 18.

Перечень подлежащих

Анализ литературных данных о процессе

<p>исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>обработки безвершинными резцами, формированию вибраций и сигналов акустической эмиссии. Экспериментальные исследования формирования сигналов акустической эмиссии, вибрации и технологических составляющих силы резания. Разработка технологического процесса механической обработки основания резца для безвершинного точения ФЮРА.А21080.009. Описание конструкции резца для безвершинного точения с возможностью установки датчиков вибрации и акустической эмиссии.</p>
<p>Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>ФЮРА 10А21080.001 Точение нежёстких валов ФЮРА 10А21080.002 Структурная схема ФЮРА 10А21080.003 Экспериментальная установка ФЮРА 10А21080.004 Шероховатость ФЮРА 10А21080.005 Прямая схема. ФЮРА 10А21080.006 Обратная схема ФЮРА 10А21080.007 Виброускорение ФЮРА 10А21080.008 Виброускорение ФЮРА 10А21080.009 СБ. Основание резца ФЮРА 10А21080.110 Карта наладок ФЮРА 10А21080.011 Карта наладок</p>
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»</p>	<p>Д.Н. Нестерук</p>
<p>«Социальная ответственность»</p>	<p>Д.т.н., В.А. Портола</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	
<p>Реферат</p>	

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	<p>08.02.2016</p>
--	-------------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	А.В. Филлипов	Кандидат технических наук,		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
10А21	Бровкин Глеб Сергеевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
10A21	Бровкин Глеб Сергеевич

Институт	ЮТИ ТПУ	Кафедра	ТМС
Уровень образования	бакалавр	Направление/специальность	15.03.01 «Технология машиностроения»

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов инженерного решения (ИР) / научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Годовой фонд рабочего времени-1975 часа; Цена материала-32руб./кг; Цена отходов материала-7,5 руб./кг; Годовой объем выпуска-1000шт.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Масса заготовки-0,694 Масса детали-0,25 Материал- ХВГ ГОСТ 1050-88.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений	Система налогообложения- УСН; Ставка отчислений-0,3

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Краткое описание исходных технико-экономических характеристик объекта ИР / НИ
2. Формирование плана и графика разработки и внедрения ИР / НИ; составление бюджета ИР / НИ; краткое описание основных рисков проекта
3. Обоснование необходимых инвестиций для разработки и внедрения ИР / НИ; расчет вложений в основные и оборотные фонды
4. Планирование показателей по труду и заработной плате (расчет штатного расписания, производительности труда, фонда заработной платы)
5. Проектирование себестоимости продукции; обоснование цены на продукцию
6. Расчет прибыли, технико-экономическое обоснование и экономическая оценка проекта
7. Оценка ресурсной, финансовой, социальной, бюджетной эффективности ИР / НИ

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

1. График разработки и внедрения ИР / НИ
2. Основные показатели эффективности ИР (технико-экономические показатели проекта)

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику 12.04.2016

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Нестерук Д.Н.	-		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
10A21	Бровкин Г.С		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
10A21	Бровкин Глеб Сергеевич

Институт	ЮТИ ТПУ	Кафедра	ТМС
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	15.03.01Технология машиностроения

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения:
 - вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения)
 - опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы)
 - негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу)
 - чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера)

2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:
 - физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;
 - действие фактора на организм человека;
 - приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);
 - предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства)

2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности
 - механические опасности (источники, средства защиты);
 - термические опасности (источники, средства защиты);
 - электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты);
 - пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)

3. Охрана окружающей среды:
 - защита селитебной зоны
 - анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы);

<ul style="list-style-type: none"> – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды. 	
<p>4. Защита в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> – перечень возможных ЧС на объекте; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий 	
<p>5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны 	
Перечень графического материала:	
При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров)	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	В.А.Портола			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
10A21	Г. С. Бровкин		

Планируемые результаты обучения по ООП

Код результатов	Результат обучения
Профессиональные компетенции	
Р1	Применять базовые и специальные знания в области математических, естественных, гуманитарных и экономических наук в комплексной инженерной деятельности на основе целостной системы научных знаний об окружающем мире.
Р7	Использовать законы естественнонаучных дисциплин и математический аппарат в теоретических и экспериментальных исследованиях объектов, процессов и явлений в машиностроении, при производстве иных металлоконструкций и узлов, в том числе с целью их моделирования с использованием математических пакетов прикладных программ и средств автоматизации инженерной деятельности
Р8	Обеспечивать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий машиностроения
Р9	Осваивать внедряемые технологии и оборудование, проверять техническое состояние и остаточный ресурс действующего технологического оборудования, обеспечивать ремонтно-восстановительные работы на производственных участках предприятия.
Р12	Проектировать изделия машиностроения, опасные технические устройства и объекты и технологические процессы их изготовления, а также средства технологического оснащения, оформлять проектную и технологическую документацию в соответствии с требованиями нормативных документов, в том числе с использованием средств автоматизированного проектирования и с учетом требований ресурсоэффективности, производительности и безопасности.
Р13	Составлять техническую документацию, выполнять работы по стандартизации, технической подготовке к сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов, организовывать метрологическое обеспечение технологических процессов, подготавливать документацию для создания системы менеджмента качества на предприятии.
Р4	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена команды, демонстрируя навыки руководства отдельными группами исполнителей, в том числе над междисциплинарными проектами, уметь проявлять личную ответственность , приверженность профессиональной этике и нормам ведения

Код результатов	Результат обучения
	профессиональной деятельности.
<i>Универсальные компетенции</i>	
P5	Демонстрировать знание правовых, социальных, экологических и культурных аспектов комплексной инженерной деятельности, знания в вопросах охраны здоровья, безопасности жизнедеятельности и труда на предприятиях машиностроения и смежных отраслей.
P6	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, в том числе на иностранном языке; анализировать существующую и разрабатывать самостоятельно техническую документацию; четко излагать и защищать результаты комплексной инженерной деятельности на производственных предприятиях и в отраслевых научных организациях.
P14	Непрерывно самостоятельно повышать собственную квалификацию, участвовать в работе над инновационными проектами, используя базовые методы исследовательской деятельности, основанные на систематическом изучении научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта, проведении патентных исследований.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Введение	14
1	Обзор литературы	15
1.1	Акустическая эмиссия. Источники акустической эмиссии при резании	16
1.2	Вибрации при обработке резанием	19
1.3	Особенности точения безвершинными резцами	23
1.3.1	Геометрия безвершинного точения в статической системе координат	23
1.3.2	Сечение срезаемого слоя	27
1.4	Выводы	30
2	Объекты и методы исследования	32
2.1	Экспериментальная установка и образцы	33
2.2	Режимы резания и инструменты	35
3	Расчёты и аналитика	36
3.1	Технологическая часть	37
3.1.1	Служебное назначение и технические характеристики детали (изделия)	37
3.1.2	Производственная программа выпуска детали	38
	Определение типа производства	
3.2.1	Анализ технологичности объекта производства	38
3.2.1.1	Количественная оценка технологичности	39
3.2.2	Выбор заготовки и метод её получения	39
3.2.2.1	Расчет заготовки получаемой прокатом горячекатаного круга высокой точности	39
3.2.2.2	Расчет заготовки получаемой прокатом горячекатаного круга обычной точности	39
3.2.2.3	Оценка экономической эффективности заготовки	40
3.2.3	Составление технологического маршрута обработки	40
3.2.4	Выбор баз	42
3.2.5	Выбор средств технологического оснащения	46
3.2.6	Расчет режимов резания	52
3.2.7	Нормирование	56
3.2.8	Конструкторская часть	60
3.2.8.1	Описание спроектированной конструкции и взаимодействия её частей	60
3.2.8.2	Расчёт на прочность	62
	Назначение посадок и отклонений на сопрягаемые части сборочной единицы	
3.2.8.3		62
3.3.1	Расчёт количества основного оборудования на участке	63

					ФЮРА.10А21080.000ПЗ			
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.	Бровкин Г.С				Исследование закономерностей формирования акустической эмиссии и вибрации при безвершинном точении нежестких валов	Лит.	Лист	Листов
Провер.	Филиппов А.В						9	
Н. Контр	Ласуков А.А					ЮТИ ТПУ Гр. 10А21		
Утверд.	Моховиков А.А							

	3.3.2	Расчет численности рабочих	68
4		Результаты проведенного исследования	69
4.1		Результаты определения вибро скоростей при точении нежестких валов безвершинными резцами	70
	4.1.1	Обратная схема резания	70
	4.1.2	Прямая схема резания	71
4.2		Результаты определения технологических составляющих силы резания при точении нежестких валов безвершинными резцами	72
	4.2.1	Обратная схема резания	
	4.2.2	Прямая схема резания	73
4.3		Результаты определения сигналов акустической эмиссии при точении нежестких валов безвершинными резцами	75
	4.3.1	Обратная схема резания	75
	4.3.2	Прямая схема резания	75
4.4		Выводы	76
5		Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	77
5.1		Стоимость технологического оборудования	78
	5.1.1	Стоимость вспомогательного оборудования	78
	5.1.2	Стоимость инструментов, приспособлений и инвентаря	78
		Стоимость эксплуатируемых помещений	
	5.1.4	Стоимость оборотных средств	79
	5.1.5	Оборотные средства в незавершенном производстве	79
	5.1.6	Оборотные средства в запасах готовой продукции	80
	5.1.7	Оборотные средства в дебиторской задолженности	80
	5.1.8	Денежные оборотные средства	80
5.2		Определение сметы затрат на производство и реализацию продукции	80
	5.2.1	Основные материалы за вычетом реализуемых отходов	80
	5.2.2	Затраты на основные материалы	81
	5.2.3	Расчет заработной платы производственных работников	81
	5.2.4	Отчисления на социальные нужды по заработной плате основных производственных рабочих	81
	5.2.5	Расчет амортизации основных фондов	82
	5.2.6	Отчисления в ремонтный фонд	82
	5.2.7	Затраты на вспомогательные материалы на содержание оборудования	82
	5.2.7.1	Затраты на СОЖ определяются	82
	5.2.8	Затраты на силовую электроэнергию	83
	5.2.9	Затраты на инструменты, приспособления	83

5.2.10	Расчет заработной платы вспомогательных рабочих	84
5.2.11	Заработная плата административно – управленческого персонала	84
5.2.12	Сумма затрат	84
5.3	Экономическое обоснование технологического проекта	85
6	Социальная ответственность	66
6.1	Характеристика объекта исследования	87
6.2	Обеспечение требуемого освещения на рабочем месте	87
6.3	Разработка методов защиты от вредных и опасных факторов	89
6.4	Разработка мероприятий по предупреждению и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций	92
6.5	Обеспечение экологической безопасности и охраны окружающей среды	93
	Заключение	94
	Список использованных источников	95
	Приложения	
	Приложение А. ФЮРА.21080.111 СБ Спецификация на сборочный чертеж	
	Приложение Б Комплект документов на технологический процесс ФЮРА.А21080.110	

Диск CD-R

В конверте на
обороте обложки

ФЮРА.10А21080.001 Структурная схема исследования

ФЮРА.10А21080.002 Точение нежёских валов

безвершинными резцами

ФЮРА.10А21080.003 Экспериментальная установка

ФЮРА.10А21080.004 Шероховатость поверхности валов

ФЮРА.10А21080.005 Технологические составляющие

силы резания при точении по "прямой" схеме

ФЮРА.10А21080.006 Технологические

составляющие силы резания

при точении по "обратной" схеме

ФЮРА.10А21080.007 Виброускорение и огибающая сигнала АЭ

ФЮРА.10А21080.008 Виброускорение и огибающая сигнала АЭ

в условиях стабильной работы и перехода к вибрациям

ФЮРА.10А21080.009 СБ. Основание резца для безвершинного

езания . Конструкция резца для безвершинного точения.

ФЮРА.10А21080.010. Карта наладки

ФЮРА.10А21080.011 Карта наладки.

Графический материал

На отдельных
листах

					ФЮРА.10А21080.000ПЗ	Лист
						11
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		11

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа состоит из 98 страниц, 43 рисунков, 20 таблиц, 63 источников, 11 листов графического материала.

Ключевые слова: ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС, ДЕТАЛЬ, ЗАГОТОВКА, РЕЖУЩИЙ ИНСТРУМЕНТ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ, АКУСТИЧЕСКАЯ ЭМИССИЯ, БЕЗВЕРШИННОЕ ТОЧЕНИЕ, БАЗА, БАЗИРОВАНИЕ,.

Тема ВКР: Исследование закономерностей формирования акустической эмиссии и вибрации при безвершинном точении нежестких валов.

Цель ВКР: «Исследование взаимосвязи вибраций с сигналами акустической эмиссии при безвершинном точении нежестких валов с разным соотношением L/D.».

Аналитическая часть содержит назначение изделия, расчет годовой производственной программы выпуска изделия, определения типа производства, анализ конструкции изделия на технологичность.

Технологическая часть включает выбор заготовки и метода ее получения, выбор баз, разработку маршрута технологического процесса, выбор оборудования и средств технологического оснащения, расчет припусков на обработку, расчет режимов резания, нормирование технологического процесса.

В конструкторской части описана конструкция резца для безвершинного точения, с возможностью установки датчиков вибрации и акустической эмиссии. Организационная часть включает расчет технико-экономических показателей и расчет числа рабочих.

Раздел «Социальная ответственность» посвящен вопросам безопасной работы на участке, пожарной безопасности и экологии.

В экономической части рассчитана себестоимость изготовления детали. Текстовая часть дипломной работы выполнена в текстовом редакторе MicrosoftWord 2010, графический материал с помощью программы КОМПАС-3D V13. Работа представлена на CD-R диске (в конверте на обороте обложки).

ABSTRACT

Final qualifying work consists of 98 pages, 43 figures, 20 tables, 63 sources of, 11 sheets of graphic material.

Key words: TECHNOLOGICAL PROCESS, PART, WORKPIECE, CUTTING tools, production EQUIPMENT, ACOUSTIC EMISSION, BEZVERSHENKO TURNING, BASE, base of operations.

Topic subject matter: the Study of regularities of acoustic emission and vibration bezvershenko when turning non-rigid shafts.

The analytical part contains the purpose of the product, the calculation of the annual production program of release of the product, determine the type of production, analysis of product design for manufacturability.

Technological part includes the selection of the workpiece and the method of its receipt, the choice of bases, the development route of technological process, choice of equipment and technological equipment, the calculation of allowances for processing, calculation of cutting data normalization process.

In the design part describes the design of the cutter for bezvershenko turning, with the ability to install vibration sensors and acoustic emission. The organizational part includes the calculation of technical and economic parameters and calculating the number of workers.

Section "Social responsibility" is focused on safe work at the site, fire safety and ecology.

In the economic part of the total cost of manufacturing the part. The text portion of the thesis is executed in a text editor Microsoft Word 2010 graphic materials using software KOMPAS-3D V13. The work presented on a CD-R disc (in an envelope on the back cover).

ВВЕДЕНИЕ

В данной выпускной квалификационной работе рассматривается: исследование закономерностей формирования акустической эмиссии и вибрации при безвершинном точении нежестких валов.

Одна из основных задач машиностроения является:

- производство качественной продукции с обеспечением высокой производительности. Обработка не жестких деталей как правило характеризуется низкой производительностью. Одним из вариантов повышения производительности обработки не жестких валов является применение безвершинного точения.

Особенностью безвершинного точения является переменное значение геометрии инструмента в статических, кинематических плоскостях. Сечение срезаемого слоя имеет малую толщину и большую ширину. Безвершинное точение также характеризуется возможностью повышения точности обработки нежестких валов по сравнению с точением инструментов с вершиной. Однако одной из проблем обработки нежестких валов как без вершинным так и обычным инструментом является формирующиеся вибрации. В связи с этим целью данной выпускной квалификационной работы является: исследование взаимосвязи вибраций с сигналами акустической эмиссии при безвершинном точении нежестких валов с разным соотношением L/D .

В процессе исследования проводился аналитический обзор литературы, теоретические исследования, экспериментальные исследования, конструкторская часть, технологическая часть, формирование выводов по проделанной работе.

Перечень вопросов подлежащих исследованию, проектированию и разработке :

- анализ литературных данных о процессе обработки безвершинными резцами,
- формирование вибраций и сигналов акустической эмиссии.
- экспериментальные исследования формирования сигналов акустической эмиссии, вибрации и технологических составляющих силы резания.
- разработка технологического процесса механической обработки основания резца для безвершинного точения ФЮРА.А21080.009.
- описание конструкции резца для безвершинного точения с возможностью установки датчиков вибрации и акустической эмиссии.

1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Студент гр. 10А21

(Подпись)

Г.С.Бровкин

(Дата)

Руководитель
ассистент кафедры ТМС

(Подпись)

А. В. Филиппов

(Дата)

Нормоконтроль
к. т. н., доцент кафедры ТМС

(Подпись)

А. А. Ласуков

(Дата)

1.1 Акустическая эмиссия. Источники акустической эмиссии при резании

Сигналы акустической эмиссии (АЭ) относятся к деформационным волнам, генерируемым в результате выброса энергии в процессе деформации материала. АЭ успешно используется для обнаружения износа и поломки инструмента в процессе обработки резанием [1]. В работах [2-5] указываются следующие возможные источники АЭ во время процесса обработки резанием: (а) пластическая деформация материала заготовки в процессе резания; (б) пластическая деформация в стружке; (с) фрикционный контакт между инструментом и заготовкой; (г) фрикционный контакт между инструментом и стружкой; (е) столкновения между стружкой и заготовкой; (е) ломание стружки; (г) поломка инструмента. На основе анализа источников АЭ сигналов следует, что АЭ при точении состоит из непрерывных и импульсных сигналов, имеющих различные характеристики. Непрерывные сигналы связаны со сдвигом в зоне первичной деформации и износом на передней и задней поверхности инструмента, в то время как импульсные или переходные сигналы являются результатом либо поломки инструмента или ломания стружки. Сигналы АЭ не являются стационарными и часто включают в себя пересекающиеся переходные процессы, чьи сигналы и время возникновения не известно.

Общей проблемой в обработке АЭ сигналов является извлечение физических параметров, представляющих научный и технический интерес, таких, как износ инструмента или его поломка [6]. Для обработки сигналов АЭ используются методы обработки сигналов [5], такие как анализ временных рядов, быстрое Фурье преобразование, распределение Вигнера-Вилле, трансформация Габора, вейлвет преобразование. Связь сигналов АЭ с износом инструмента имеет сложный характер. В работе [7] авторы наблюдали прогрессивный износ инструмента при точении. В результате экспериментальных исследований они обнаружили, что средний уровень сигналов АЭ сначала возрастает с увеличением износа, а затем остается приблизительно постоянным, несмотря на то, что износ продолжает увеличиваться со временем. В работе [8], отмечается корреляция между собственными частотами и АЭ (среднеквадратичное значение, амплитуда, тип и скорость счета сигналов АЭ). Срок службы инструмента оценивается с среднеквадратичного значения сигналов АЭ. В цикле статей [9-14] приведены исследования ортогонального точения и сопровождающей его АЭ. Авторами отмечается, что сигналы АЭ при ортогональном резании, главным образом, формируются в результате трех процессов: деформации в первичной зоне (зоне сдвига), вторичной деформации (на границе инструмент-стружка), и процессов в третичной зоне (инструмент-обработанная поверхность детали – область контакта по задней поверхности). Согласно данным работы [15] динамические изменения в толщине стружки и колебания инструмента оказывают влияние на среднеквадратичное значение АЭ. В работе [16] использовали регистрацию сигналов АЭ для мониторинга состояния

процесса точения закаленной стали инструментом из кубического нитрида бора. Авторы установили, что среднеквадратичное значение, частота и скорость счета АЭ хорошо коррелируют с толщиной «белого» слоя и шероховатостью поверхности. Образование хрупкого слоя на поверхности сопровождается увеличением среднеквадратичного значения АЭ.

В работе [17] исследовался износ инструмента с регистрацией сигналов АЭ при точении закаленной стали и инструмента из кубического нитрида бора. Анализируя полученные сигналы авторы указывают на тот факт, что эксцесс (мера остроты пика распределения) среднеквадратичного значения АЭ увеличивается следом с износом инструмента. Высокие значения эксцесса указывают на то, что износ инструмента достиг критического значения и скоро последует его поломка. В работе [18] отмечается, что для адекватного анализа сигналов АЭ необходимо понимание механизма стружкообразования (сливное, суставчатое, элементное). Следовательно, в каждом конкретном случае стружкообразования будет наблюдаться своя специфика сигналов и потребуются применить различные способы анализа информации, полученной в ходе экспериментов [19-21].

В отечественной литературе последних лет также присутствуют значительные исследования в области оценки влияния условия обработки на сигналы АЭ, а также использование АЭ для мониторинга состояния режущего инструмента и прогнозирования качества обработки [22-27].

На рисунке 1 приведено изображение сигнала акустической эмиссии с указанием его характерных областей: risetime – время нарастания, amplitude – амплитуда, count – пик/счет, threshold – порог.

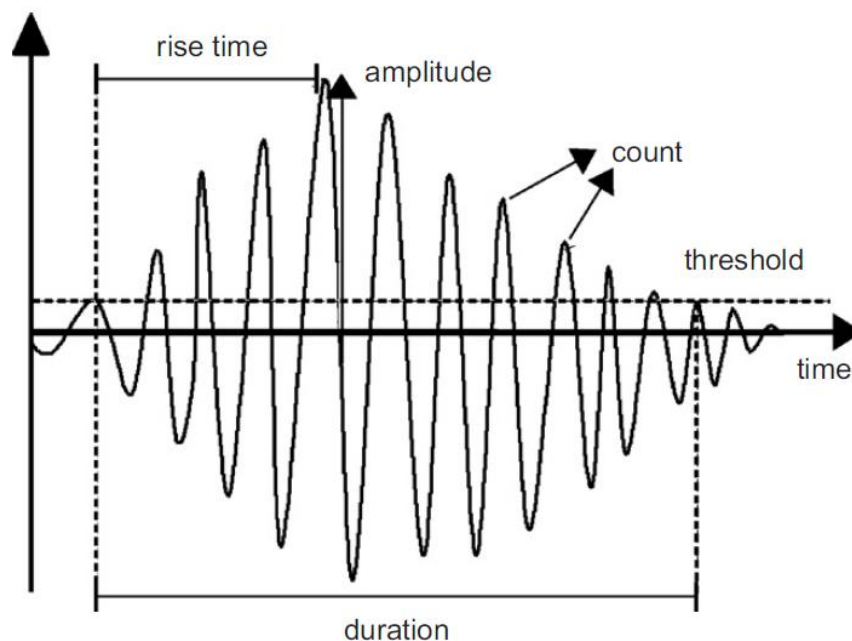


Рисунок 1 Типичный сигнал АЭ

Как упоминалось выше, сигналы акустической эмиссии разделяют на дискретные и непрерывные. На рисунке 2 приведен характерный вид подобных сигналов.

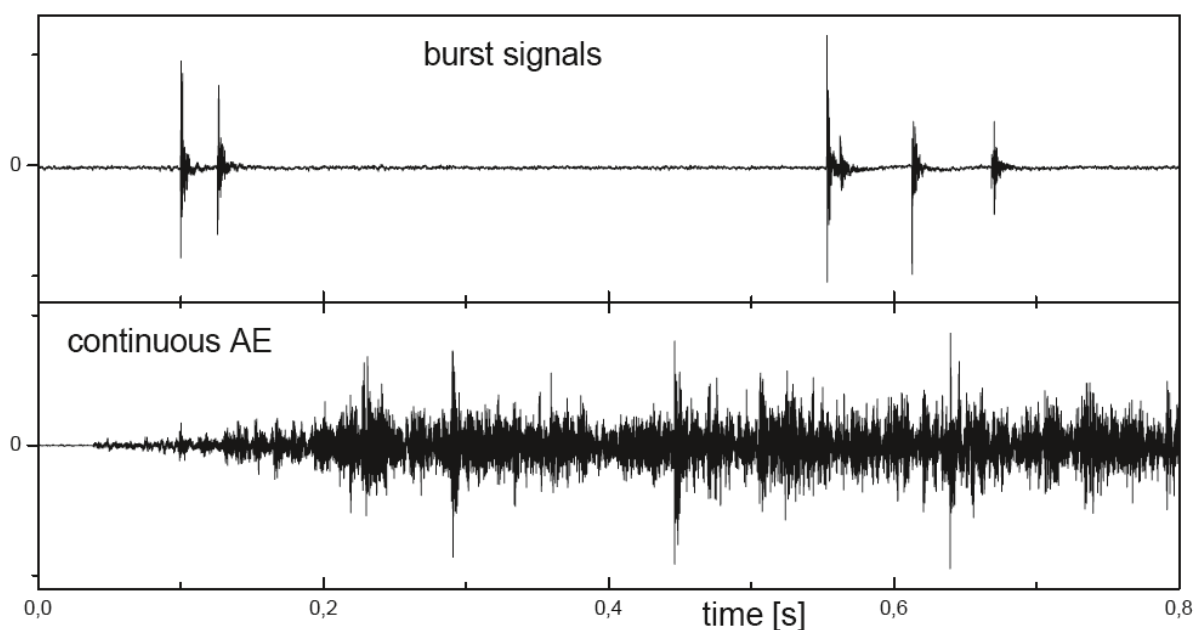


Рисунок 2 Дискретный (*burst*) и непрерывный (*continuous*) сигналы акустической эмиссии

Для регистрации акустических волн в материале применяют пьезоэлектрические датчики акустической эмиссии. На рисунке 3 показан внешний вид датчика акустической эмиссии и его конструкция. В составе датчика есть несколько основных элементов: case – корпус, damping material – демпфирующий материал, wear plate – амортизирующая пластина, electrode – электрод, piezoelectric element – пьезоэлектрический элемент, couplant – контактная жидкость/среда.

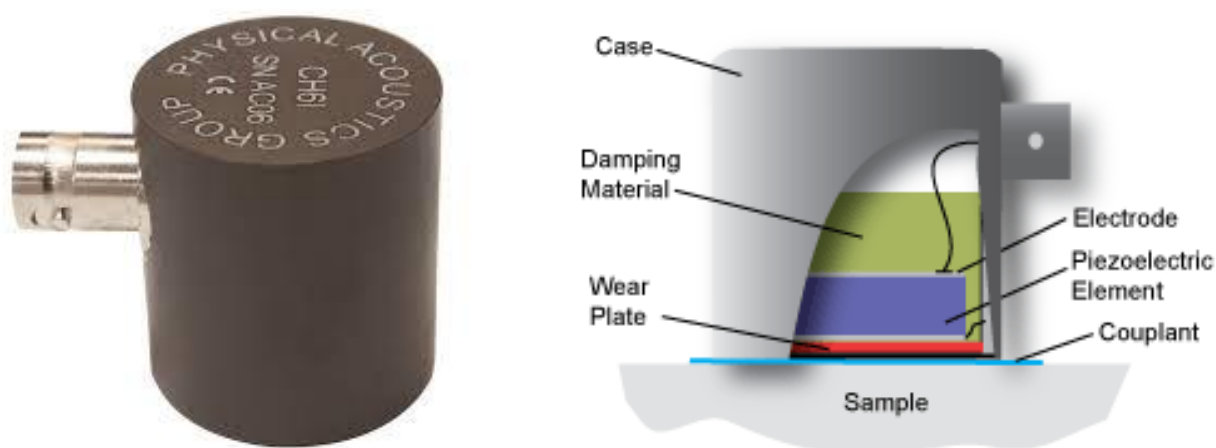


Рисунок 3 Внешний вид датчика АЭ и его конструкция

В случае обработки резанием выделяют несколько основных источников излучения волн акустической эмиссии. Схематичное их представление дано на рисунке 4.

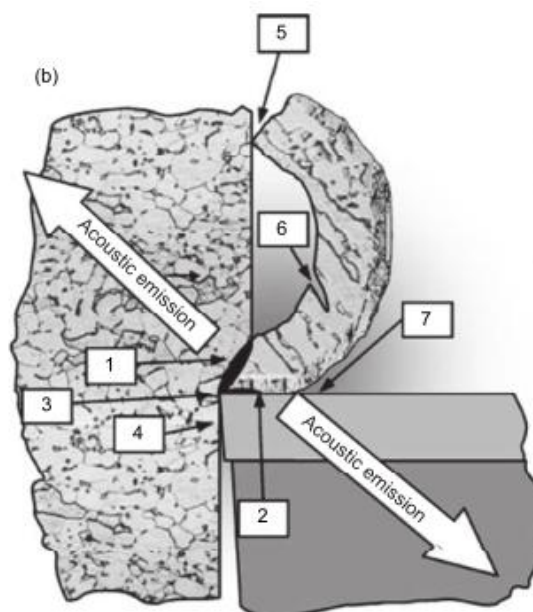


Рисунок 4 Основные источники акустической эмиссии при резании
[S. Hannichetal./ Procedia CIRP 18 (2014) 84-89]

Таким образом можно выделить следующие источники акустической эмиссии при резании:

- деформация в области сдвига материала;
- трение между стружкой и передней поверхностью инструмента;
- зарождение и развитие трещины;
- трение между задней поверхностью инструмента и заготовкой;
- столкновение стружки с обрабатываемой заготовкой;
- поломка стружки;
- отрыв стружки от поверхности заготовки.

1.2 Вибрации при обработке резанием

В процессе точения, три различных типа механических колебаний присутствуют из-за отсутствия динамической жесткости технологической системы: свободные, вынужденные и автоколебания. Свободные и вынужденные колебания могут быть легко идентифицированы и устранены. Но причина образования автоколебаний все еще не в полной мере понятна из-за их сложного характера. Они являются наиболее вредными и разрушительными для любого процесса обработки, включая точение [1-5]. Существуют различные способы для аналитического исследования вибраций, возникающих в процессе токарной обработки.

Лепестковые диаграммы стабильности (SLD). Наиболее существенным параметром резания, который является решающим для создания вибраций в процессе точения, это глубина резания (ширина стружки). Процесс является более стабильным, когда ширина стружки меньше. Предельное значение допустимой ширины стружки зависит от динамических характеристик технологической системы, материала заготовки, скорости резания и подачи, геометрии инструмента. Лепестковые диаграммы стабильности позволяют

выделить области стабильной работы в зависимости от параметров технологической системы [6-9].

Аналитические модели, основанные на количестве степеней свободы. Процесс точения может быть смоделирован с учетом ортогонального схемы SDOF, а также систем с двумя и тремя степенями свободы. Большинство научно-исследовательских работ в этой области сосредоточены на системе с одной степенью свободы, где режущее усилие линейно зависит от параметров процесса, а обрабатываемая деталь считается жесткой [7, 11-19].

Аналитические модели, основанные на податливости системы заготовка-инструмент. Существует небольшое количество работ, в которых учитывается жесткость технологической системы (инструмент-деталь) для анализа вибраций и прогнозирования устойчивости процесса резания. В рассматриваемых моделях учитываются позиция инструмента во время обработки, гибкость заготовки и влияние демпфирования. Несмотря на качественное согласие аналитических и экспериментальных результатов количественная оценка модели не удовлетворительная [20-26].

Аналитические модели, рассматривающие износ инструмента и процесс затухания колебаний. Износ инструмента динамически изменяет геометрию режущего лезвия и, следовательно, оказывает динамическое воздействие на процесс резания. Среди известных механизмов износа инструмента, на вибрации системы заготовка-деталь наибольшее влияние оказывает износ по задней поверхности и образование кратера на передней поверхности [27-40].

Теория управления (критерии устойчивости Найквиста). В некоторых работах используют теорию управления для предсказания колебаний и вибраций, которые включают в себя использование критериев устойчивости Найквиста. Однако применение данного метода ограничено условием – стабильность условий резания, что на практике бывает крайне редко [6, 36, 42-45].

Экспериментальные методы исследования вибраций, возникающих в процессе токарной обработки: Проверка и выявление прогнозируемой стабильности вибраций (колебаний) может быть реализована с применением различных датчиков: силы, перемещения, скорости, ускорения, акустических сигналов. Наиболее известные методы исследований:

- измерение силы резания и вибрации. Измерение силы резания и вибраций может выполняться как в отдельности, так и совместно. Данные способы экспериментальных исследований являются самыми распространенными, поскольку позволяют создавать достаточно точные модели для оценки стабильности процесса точения [11, 25-27, 31-37, 39, 40, 43, 45-54];

- измерение звука и акустической эмиссии (АЭ). Звук, сопровождающий процесс обработки, может дать ценную информацию о процессе и состоянии режущего инструмента. Регистрация звука осуществляется направленными микрофонами. Процесс резания сопровождается генерацией сигналов АЭ, которая позволяет обнаружить

большинство явлений в механической обработке, в том числе и вибраций [15, 16, 39, 45, 41, 53, 55-59];

- метод анализа стружки. Данный метод является менее распространенным, чем остальные, поскольку предполагает изучение процесса после его завершения, что не отражает динамической картины [59-63]. Методы контроля и подавления вибраций.

Одними из важнейших задач при точении и растачивании в условиях недостаточной жесткости технологической системы является контроль и подавление вибраций. Для достижения высокой производительности, качества и точности обработки, а также снижения производственных затрат требуется совершенствование методов контроля и подавление вибраций. Существуют две основные группы методов: активные и пассивные. Целью пассивной техники является подавление вибраций за счет изменения поведения технологической системы путем совершенствования конструкции станка или с помощью дополнительных устройств, которые могут поглощать энергию или препятствовать развитию регенеративных вибраций (автоколебаний). Пассивные методы вибрации демонстрируют многочисленные преимущества, такие как простота реализации, низкая стоимость и отсутствие необходимости во внешней энергии. Но для хорошей работы, некоторые пассивные приборы требуют очень точной настройки, которую трудно осуществить, из-за неопределенности в структуре станка и процесса резания [64-72].

В активной технике, вибрации устраняют путем непрерывного мониторинга и диагностики процесса точения и выполнения необходимых изменений в процессе (изменение скорости резания, подачи и глубины резания). Также популярным методом активного воздействия на вибрации является применение смарт материалов (или активных веществ), которые проявляют способность изменять механическую работу и движение в другие формы энергии. Активные элементы как правило бывают интегрированы в структуру станка и предназначены для введения в технологическую систему энергии для предотвращения регенеративных вибраций (автоколебаний). Существуют многочисленные преимущества метода активного подавления. Например, не требуется создавать модель системы, и это является надежным способом при использовании конфигурации совмещения датчиков и привода. Метод активного подавления является более эффективным в повышении стабильности инструмента в рабочих диапазонах, где наблюдается низкая стабильность технологической системы. Недостатком активных методов является необходимость в источнике дополнительных вибраций, который будет воздействовать на общую энергию колебаний системы. Активные системы также требуют более сложных аппаратных средств и программного обеспечения и являются более дорогими по сравнению с пассивными системами [73-80]. Взаимосвязь колебаний и износа инструмента является очень сложной и на сегодняшний день еще не полностью установлена. Невозможно однозначно утверждать, что срок службы инструмента зависит в равной степени от всех видов вибрации. Из ограниченного количества

публикаций по вопросу взаимосвязи вибрации (колебаний) и износа инструмента следует, что исследование износа и срока службы инструмента должно быть выполнено с оценкой вибрации (колебаний), особенно в условиях недостаточной жесткости технологической системы [1, 46, 27, 9, 34-36, 53-54]. Исследование природы возникновения вибраций при резании и их влияние на процесс формообразования в отечественной литературе представлено в работах [81-93]. Стоит отметить, что количество публикаций неуклонно увеличивается. Это, по-видимому, вызвано возросшим интересом к обработке нежестких деталей или работе нежестким инструментом.

На рисунке 5 приведено устройство датчика вибрации со встроенной электроникой.

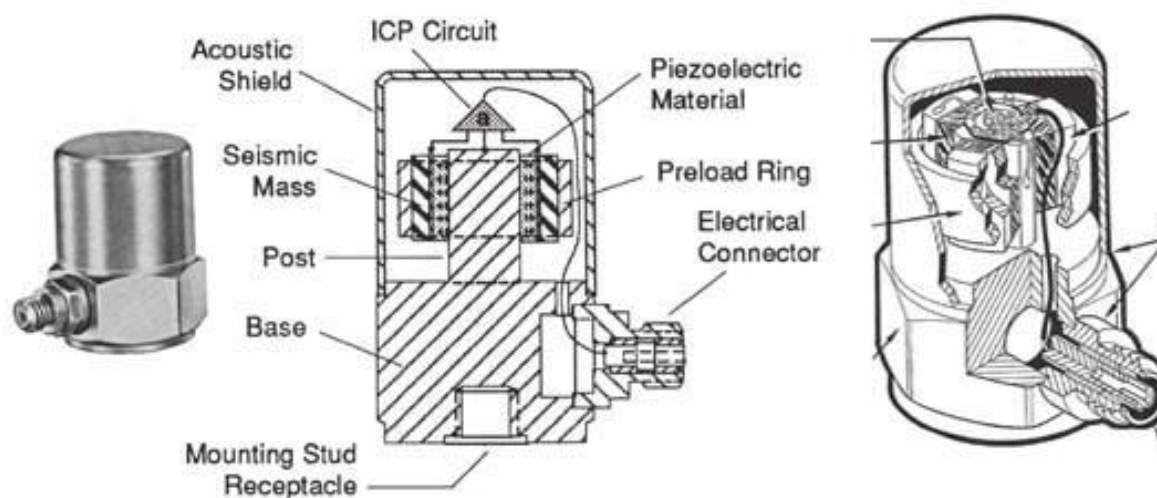


Рисунок 5 Устройство датчика вибрации со встроенной электроникой (ICP)

На рисунке 6 приведено изображение одноосевого датчика вибрации.



Рисунок 6 Внешний вид одноосевого датчика вибрации

1.3 Особенности точения безвершинными резцами

1.3.1 Геометрия безвершинного точения в статической системе координат

На рисунке 7 приведена схема геометрических параметров безвершинного точения, в статической системы координат.

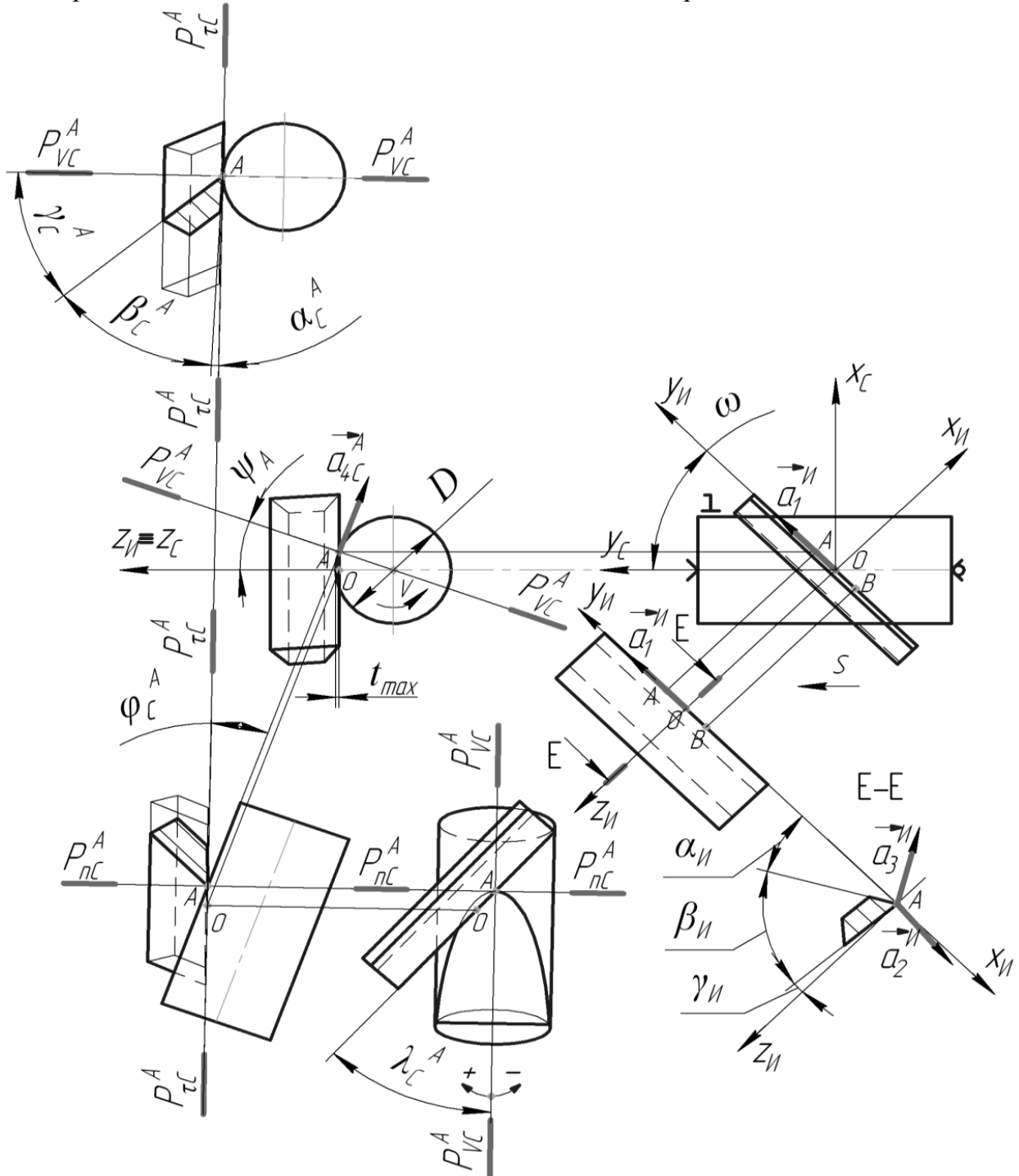


Рисунок 7 Геометрические параметры процесса косоугольного обтачивания брезцами

Угол наклона основной плоскости задается следующим соотношением:

$$\cos \psi_A = \pm \left(\frac{D - 2t_{\max}}{D} \right), \quad (1)$$

где D – диаметр обрабатываемой поверхности;

ψ_A – угол наклона основной плоскости в точке A .

Статический угол наклона режущей кромки определяется выражением:

$$\sin \lambda_C^A = \sin \omega \cdot \cos \psi_A. \quad (2)$$

Статический угол в плане определяется выражением:

$$\cos \varphi_C^A = \frac{\cos \omega}{\sqrt{\cos^2 \omega + \sin^2 \omega \cdot \sin^2 \psi_A}}. \quad (3)$$

На рисунке 8 приведены графические зависимости для статического угла наклона режущей кромки и угла в плане.

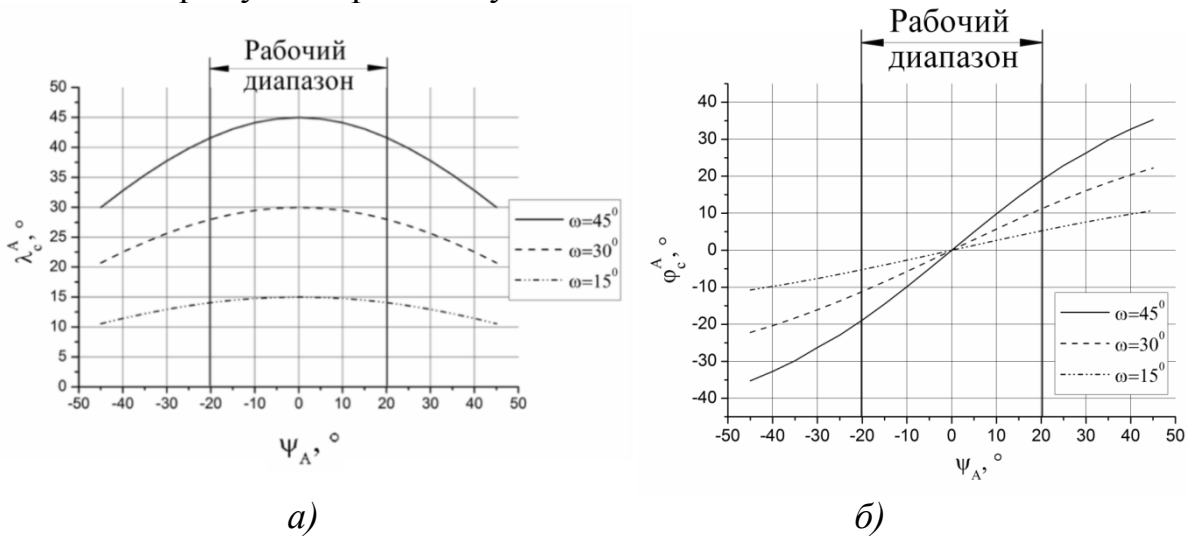


Рисунок 8 Зависимости угла наклона режущей кромки λ_C^A (а) и угла в план φ_C^A (б) в точке A от угла наклона основной плоскости ψ_A в ССК: $\gamma_u=5^\circ$; $\alpha_u=30^\circ$; $D=20$ мм

Статический передний угол определяется выражением:

$$\sin \gamma_C^A = \frac{\cos \gamma_{\dot{E}} \cdot \sin \psi_A + \sin \gamma_{\dot{E}} \cdot \cos \psi_A \cdot \cos \omega}{\sqrt{(\cos \gamma_{\dot{E}} \cdot \sin^2 \omega \cdot \sin \psi_A \cdot \cos \psi_A + \sin \gamma_{\dot{E}} \cdot \cos \omega)^2 + \dots}} \dots \quad (4)$$

$$\dots \frac{\dots}{\dots + \sin^2 \omega \cdot \sin^2 \psi_A \cdot (\cos \gamma_{\dot{E}} \cdot \cos \omega \cdot \cos \psi_A - \sin \gamma_{\dot{E}} \cdot \sin \psi_A)^2 + \dots}$$

$$\dots \frac{\dots}{\dots + \cos^2 \gamma_{\dot{E}} \cdot (\cos^2 \omega + \sin^2 \omega \cdot \sin^2 \psi_A)^2}$$

Статический задний угол определяется выражением:

$$\cos \alpha_N^A = \frac{\cos \alpha_{\dot{E}} \cdot \cos \omega \cdot \cos \psi_A + \sin \alpha_{\dot{E}} \cdot \sin \psi_A}{\sqrt{(\sin \alpha_{\dot{E}} \cdot \sin^2 \omega \cdot \sin \psi_A \cdot \cos \psi_A + \cos \alpha_{\dot{E}} \cdot \cos \omega)^2 + \dots}} \dots$$

$$\dots \frac{\dots}{+ \sin^2 \omega \cdot \sin^2 \psi_A \cdot (\sin \alpha_{\dot{E}} \cdot \cos \omega \cdot \cos \psi_A - \cos \alpha_{\dot{E}} \cdot \sin \psi_A)^2 + \dots} \dots$$

$$\dots \frac{\dots}{+ \sin^2 \alpha_{\dot{E}} \cdot (\cos^2 \omega + \sin^2 \omega \cdot \sin^2 \psi_A)^2}.$$
(5)

На рисунке 9, б представлены графические зависимости для переднего и заднего статических углов инструмента.

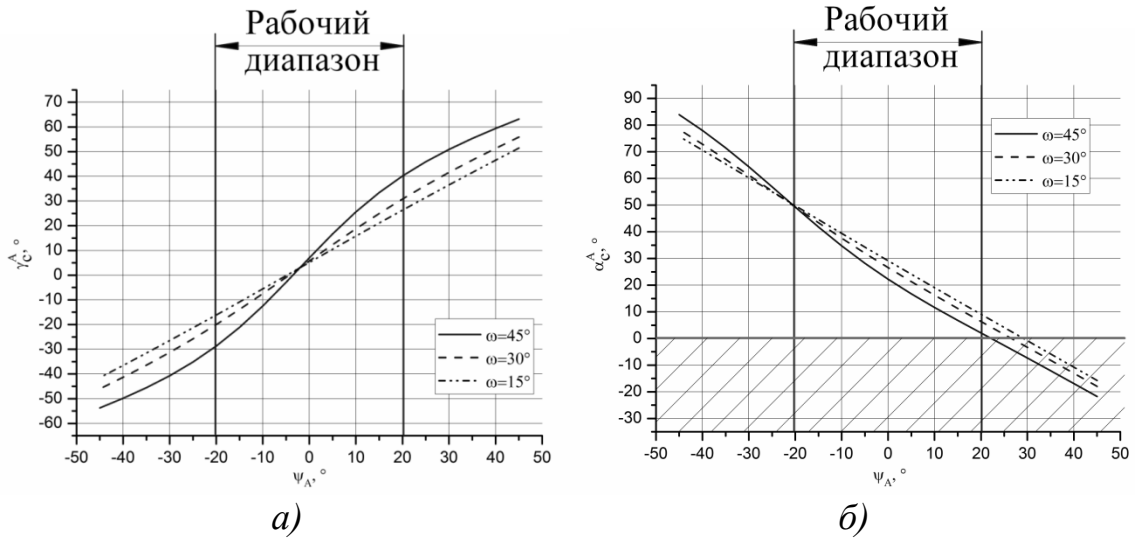


Рисунок 9 Зависимости переднего угла γ_N^A (а) и заднего угла α_N^A (б) в точке А от угла наклона основной плоскости ψ_A в ССК: $\gamma_u=5^\circ$; $\alpha_u=30^\circ$; $D=20$ мм

Исходя из полученных графических зависимостей видно, что для безвершинного точения характерно значительное изменение геометрических параметров в статической системе координат. Потенциальной проблемой применения данного метода обработки является появления отрицательных значений заднего угла инструмента при определенных сочетаниях режимов резания и геометрических параметров лезвия.

На рисунке 10 приведена схема геометрических параметров безвершинного точения в кинематической системе координат.

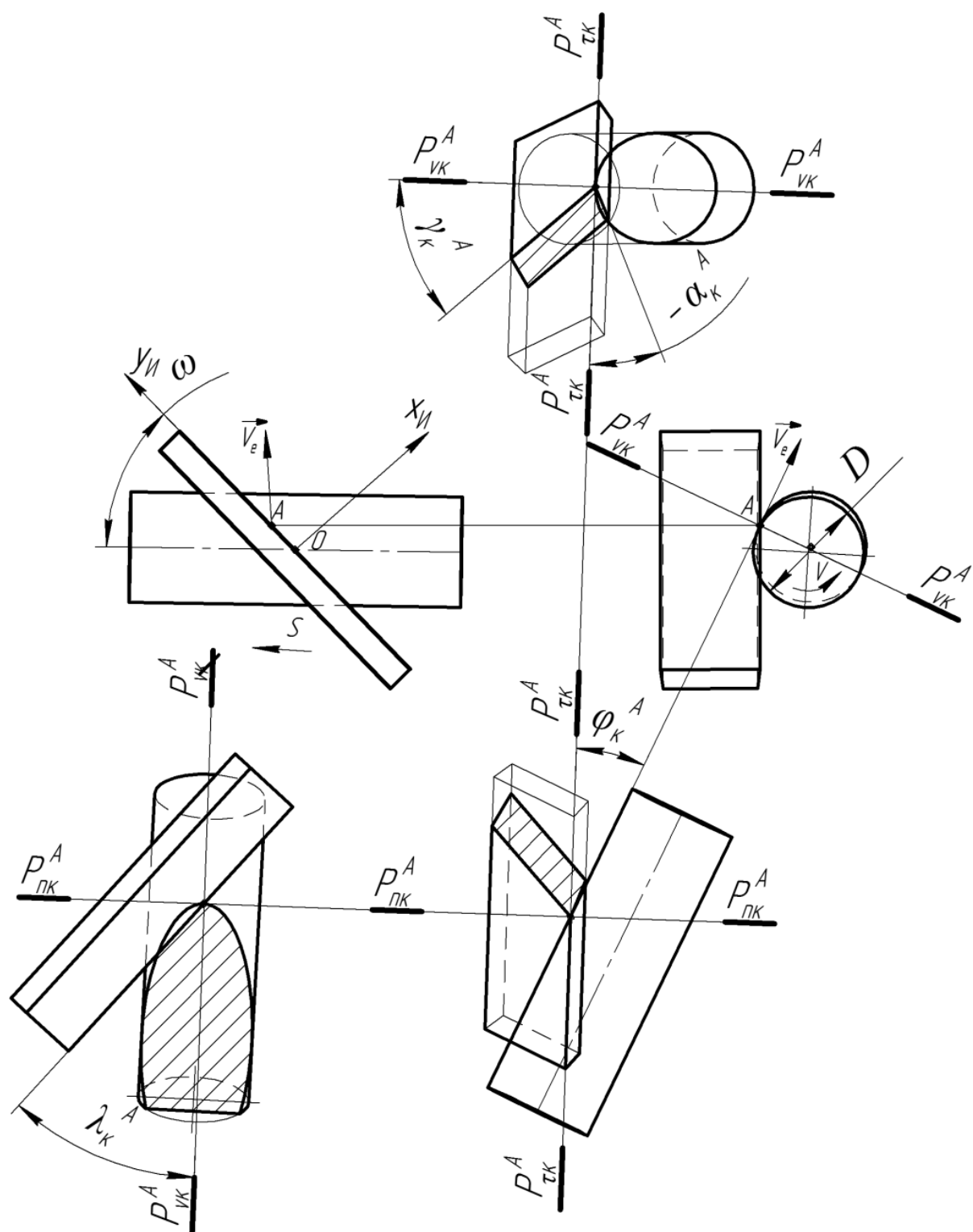


Рисунок 10 Схема процесса брющего точения в КСК: $\gamma_u=0^\circ$; $\alpha_u=5^\circ$; $D=20$ мм; $s=1$ мм/об; $n=800$ об/мин

На рисунке 11 приведены графические зависимости геометрических параметров безвершинного точения в кинематической системе координат.

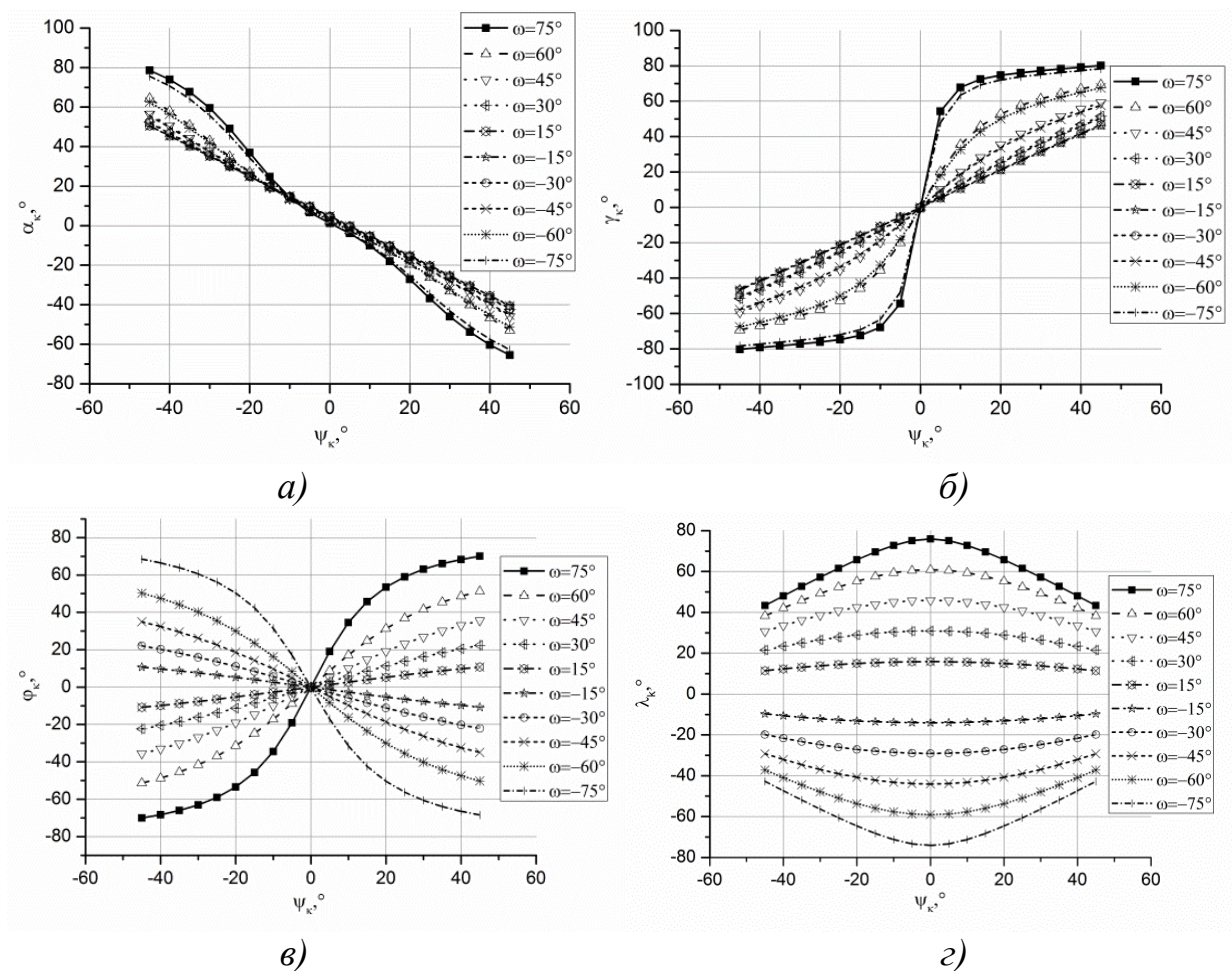
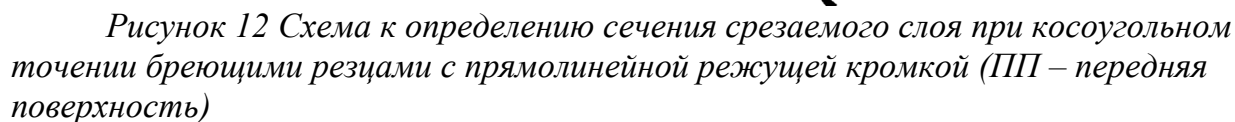


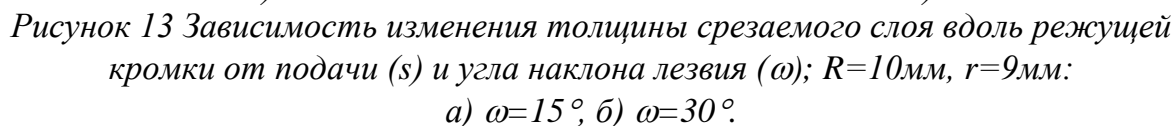
Рисунок 11 Геометрические параметры бреющего резца в КСК:
а) задний угол α_k , б) передний угол γ_k , в) угол в плане φ_k , г) угол наклона
режущей кромки λ_k при $\gamma_u=0^\circ$; $\alpha_u=5^\circ$; $D=20$ мм; $s=1$ мм/об; $n=800$ об/мин

1.3.2 Сечение срезаемого слоя

На рисунке 12 приведена схема параметров сечения срезаемого слоя при безвершинном точении.



На основе приведенной выше схемы были получены зависимости изменения параметров сечения срезаемого при безвершинном точении, представленные на рисунке 13.



На основе приведенной выше схемы были получены зависимости изменения параметров сечения срезаемого при безвершинном точении, представленные на рисунке 14.

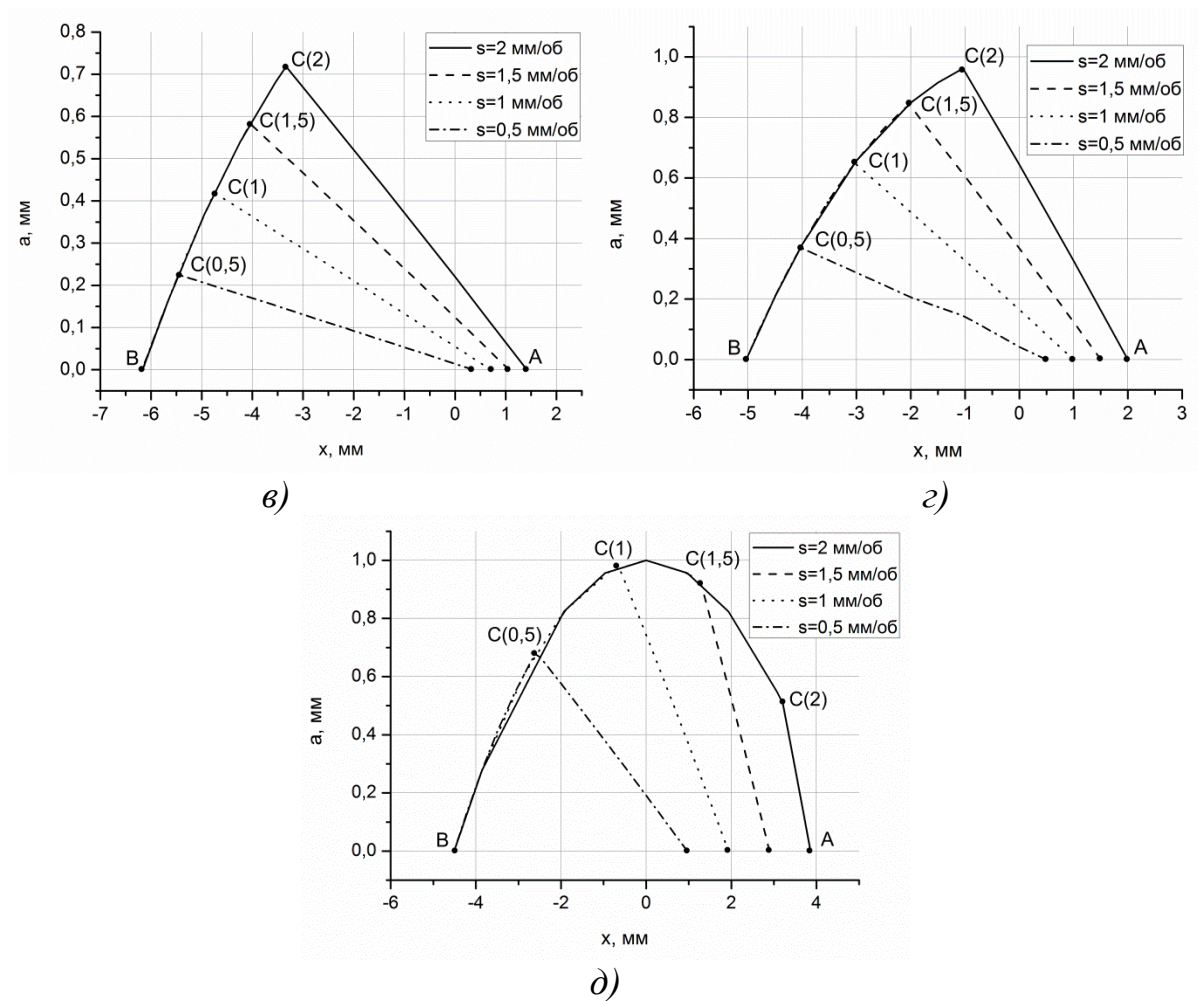


Рисунок 14 Зависимость изменения толщины срезаемого слоя вдоль режущей кромки от подачи (s) и угла наклона лезвия (ω); $R=10$ мм, $r=9$ мм:
а) $\omega=45^\circ$; б) $\omega=60^\circ$; в) $\omega=75^\circ$

Как видно из полученных зависимостей (см. рисунок 13, 14), во всех случаях увеличение подачи вызывает рост толщины срезаемого слоя, в то время как ширина мало изменяется. Увеличение угла наклона лезвия приводит к увеличению толщины, уменьшению ширины срезаемого слоя и уменьшению рабочей длины режущей кромки.

Важным параметром процесса резания является рабочая длина режущей кромки инструмента. На основе анализа сечения срезаемого слоя, было выявлено, что l_p ограничена отрезком АВ. l_p зависит не только от установочных параметров (глубины резания, угла наклона лезвия и радиуса обрабатываемой заготовки), но и от величины подачи (s).

Рабочую длину для прямого резца кромки можно определить по формуле:

$$l_p = \frac{r \cdot \tan(\psi_{\max}^B) + r \cdot \tan(\psi^A)}{\sin(\omega)}, \quad (6)$$

где $\tan(\psi_{\max}^B) = \frac{r}{R}$ – угол наклона основной плоскости в точке В (см. рисунок 13, 14);

$$\tan(\psi^A) = \frac{r}{\sqrt{r^2 + \frac{s^2}{\tan^2(\pi/2 - \omega)}}} - \text{угол наклона основной плоскости в точке А} \quad (7)$$

На рисунке 15 показаны графические зависимости рабочей длины режущей кромки от параметров безвершинного точения.

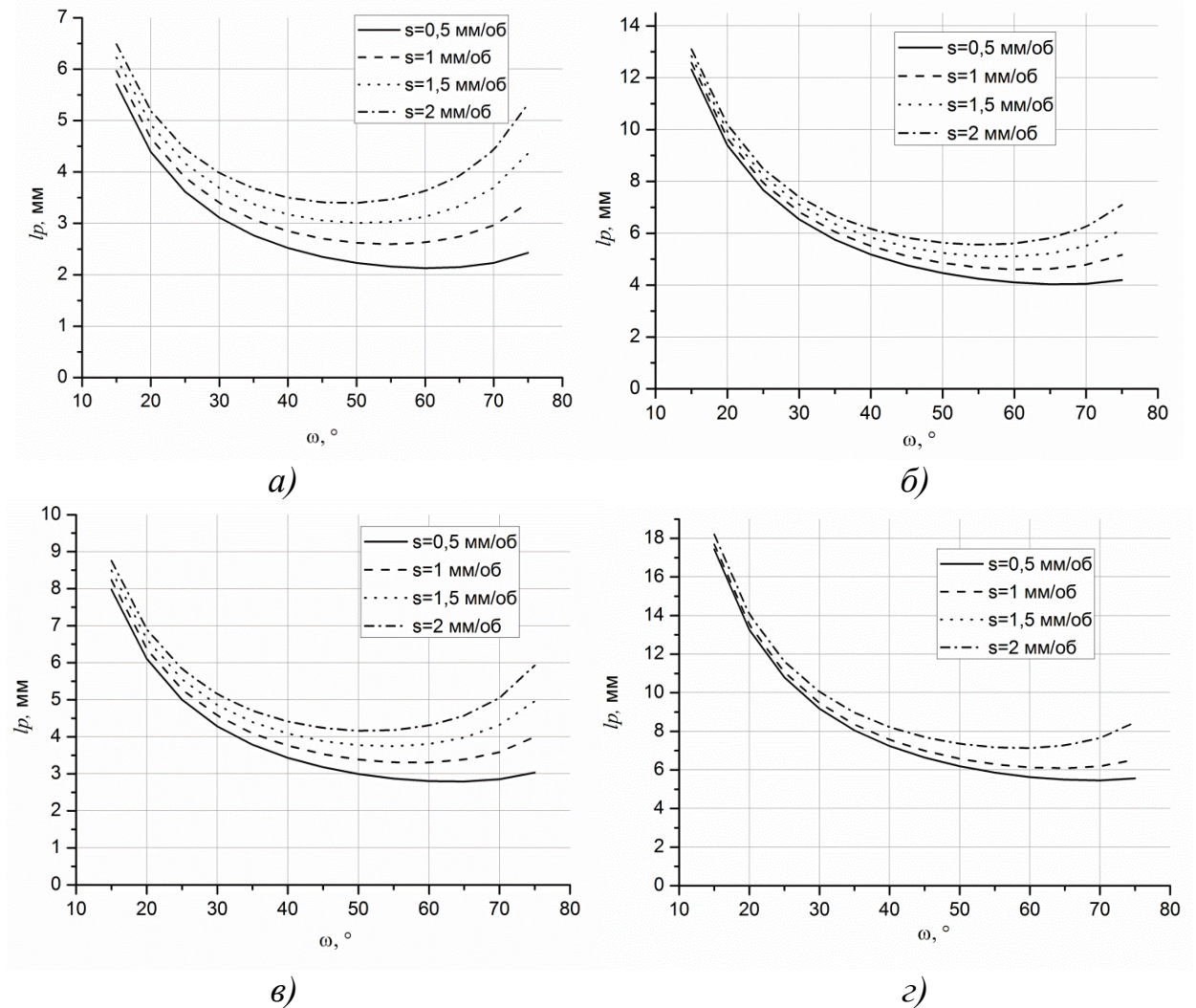


Рисунок 15 Зависимости изменения рабочей длины режущей кромки от угла наклона лезвия и подачи: а) $R=10$ мм, $t=0,1$ мм; б) $R=10$ мм, $t=0,5$ мм
 в) $R=20$ мм, $t=0,1$ мм; г) $R=20$ мм, $t=0,5$ мм.

1.4 Выводы

- при анализе геометрических параметров безвершинного точения в статической и кинематической системах координат были получены зависимости изменения углов бреющего резца. Установлено, что изменение геометрии вдоль рабочего участка режущей кромки инструмента происходит в большом диапазоне значений, а также имеет место переход от положительных к отрицательным значениям углов. Установлено, что при определенном сочетании параметров процесса безвершинного точения

возникают отрицательные значения заднего угла резца, что является нежелательным с точки зрения работоспособности инструмента;

- На основе проведенного геометрического анализа процесса брeющего точения, получена модель эквивалентного лезвия безвершинного резца, показывающая изменение геометрии вдоль рабочего участка режущей кромки, характерное для схемы несвободного резания;

- По предложенной методике определены параметры сечения срезаемого слоя материала при работе инструментом с прямолинейным лезвием. Установлено, что изменение толщины срезаемого слоя вдоль режущей кромки происходит в большом диапазоне, при этом толщина срезаемого слоя будет значительно меньше его ширины;

- Определены геометрические параметры безвершинных резцов с криволинейной режущей кромкой. Установлено, что изменение статических переднего и заднего углов инструмента имеет схожий характер для рассмотренных криволинейных и прямолинейного лезвий;

Как видно из графиков (см. рисунок 11) характер изменения кинематических углов совпадает с изменением статических (см. рисунки 8 и 9) с увеличением угла наклона лезвия ω происходит увеличение диапазона, в котором изменяются кинематические углы. Отличие в численном значении статических и кинематических углов незначительное

Рабочая длина режущей кромки значительно уменьшается при увеличении угла ω , и незначительно увеличивается с ростом подачи. Увеличение диаметра обрабатываемой поверхности на увеличение l_p влияет в меньшей степени, чем увеличение глубины резания. Увеличение l_p при больших значениях угла ω вызвано увеличением влияния подачи по сравнению с начальными параметрами установки инструмента (глубины резания и угла наклона лезвия). При повышении глубины резания общая длина режущей кромки увеличивается, вместе с тем влияние подачи становится менее выраженным.

2 ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Студент гр. 10А21

(Подпись)

Г.С.Бровкин

(Дата)

Руководитель
Ассистент кафедры ТМС

(Подпись)

А. В. Филиппов

(Дата)

Нормоконтроль
к. т. н., доцент кафедры ТМС

(Подпись)

А. А. Ласуков

(Дата)

2.1 Экспериментальная установка и образцы.

Исследования проводились для двух схем резания (рисунок 16): «прямой» – рабочий участок лезвия (l_p) находится ниже оси вращения заготовки (см. рисунок 16 а) и «обратной» – l_p выше оси заготовки (см. рисунок 16 б). Материал заготовок – сталь 45.

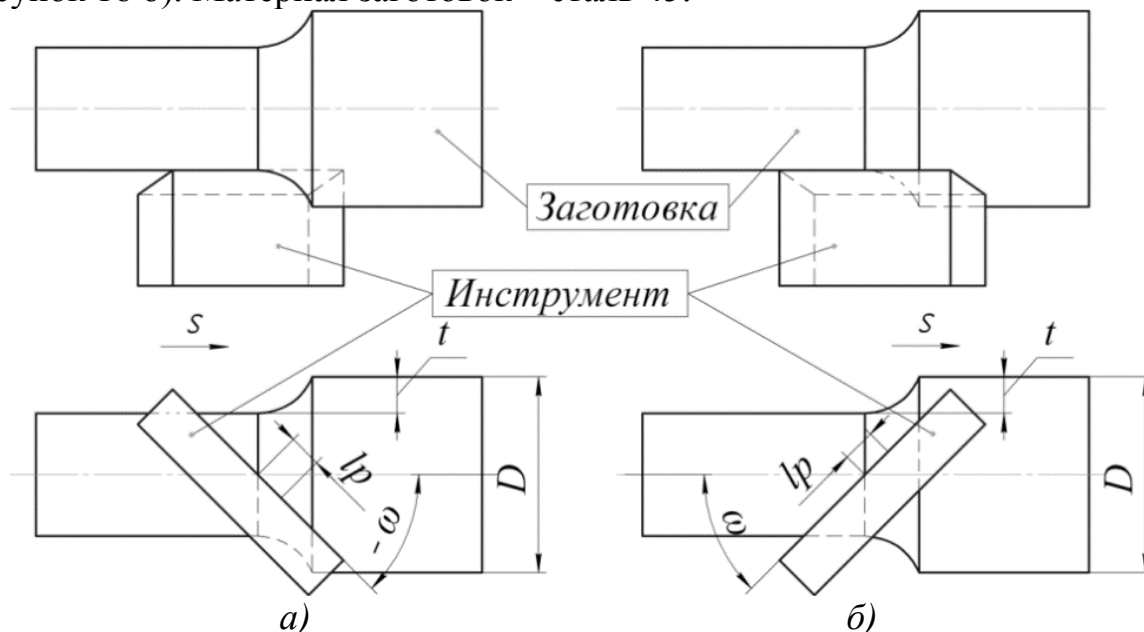


Рисунок 16 «Прямая» (а) и «обратная» (б) схемы резания безвершинными резцами

Схема измерения составляющих силы резания представлена на рисунке 17. Заготовку 2 устанавливают на токарно-винторезный станок 1 и производят обработку безвершинным резцом 3 при определенном значении угла наклона лезвия ω . Трехкомпонентный динамометр 4 воспринимает нагрузки от резца, он подключен к тензоусилителю 5, который получает питание от источника постоянного тока 6. Данные с тензоусилителя 5 поступают на аналого-цифровой преобразователь 7 и сохраняются на персональном компьютере 8.

Исследование силовых зависимостей при точении радиусными безвершинными резцами проводилось на экспериментальной установке, представленной на рисунке 18.

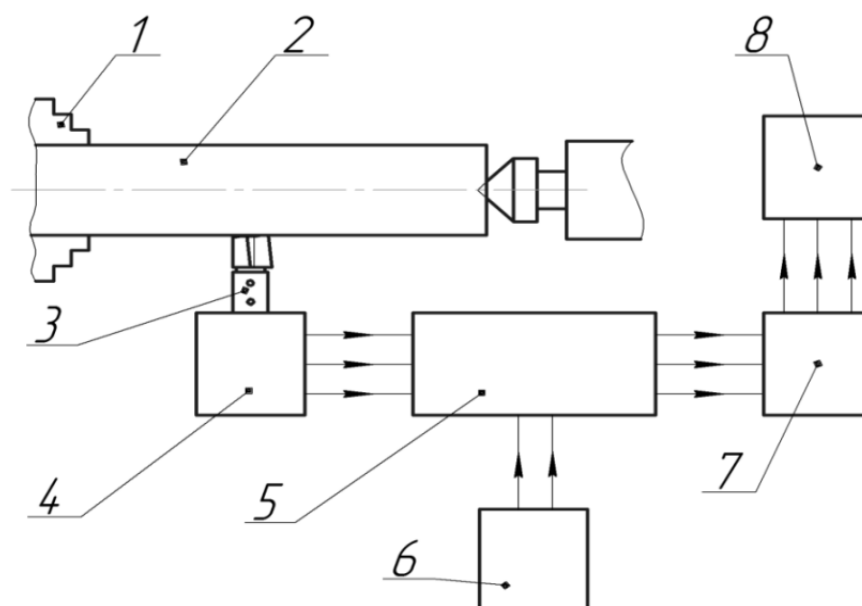


Рисунок 17 Схема определения сил резания при безвершинном точении:
 1 – токарно-винторезный станок 1К62; 2 – заготовка; 3 – безвершинный резец;
 4 – трехкомпонентный токарный динамометр УДМ-600;
 5 – тензоусилитель ТОПАЗ-3-01; 6 – источник постоянного тока АГАТ;
 7 – АЦП USB-3000; 8 – персональный компьютер.

На рисунке 18 приведено изображение экспериментальной установки.

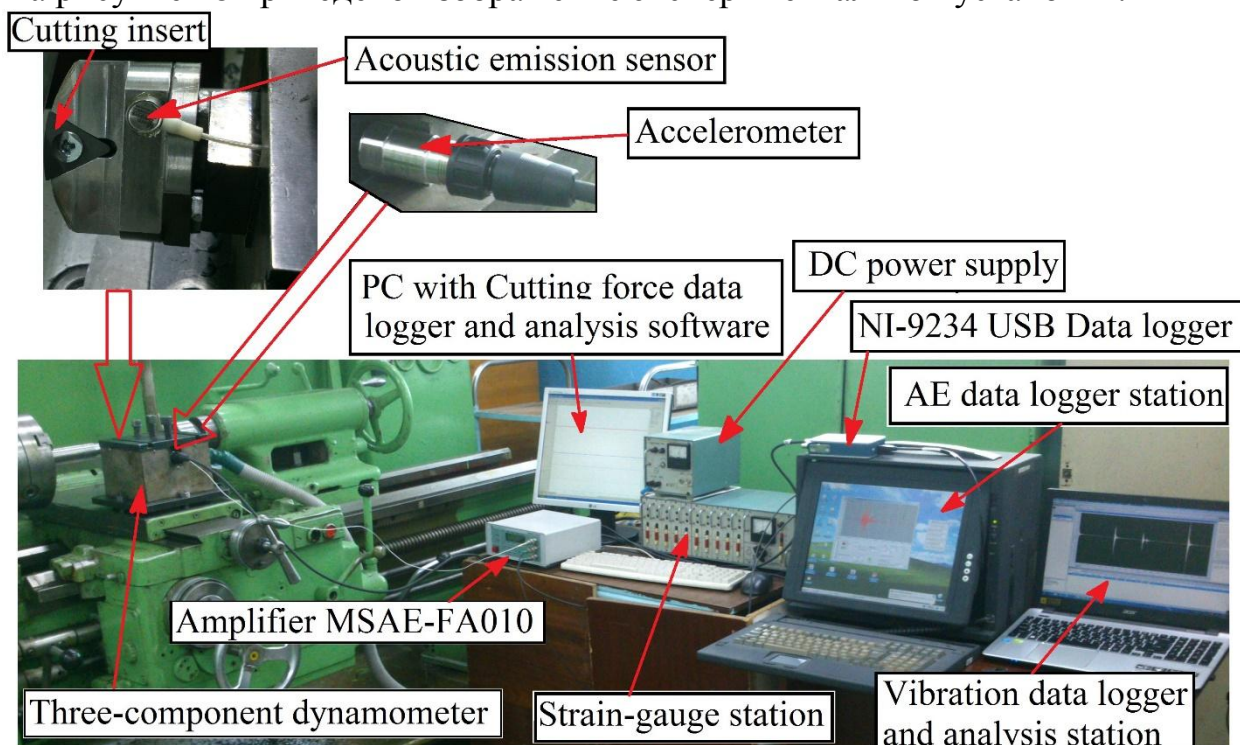


Рисунок 18 Изображение экспериментальной установки для исследования технологических составляющих силы резания, сигналов вибрации и акустической эмиссии

Эксперименты проводились на установке, представленной на рисунке 18, в качестве заготовки использовался круглый прокат горячекатаный из стали 45 (ГОСТ 1050-88). Химический состав марки стали 45 представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав стали 45 ГОСТ 1050-88.

Химический элемент	Процентное содержание элементов, %
1	2
Кремний (Si)	0,17-0,37
Медь (Cu), не более	0,25
Мышьяк (As), не более	0,08
Марганец (Mn)	0,50-0,80
Никель (Ni), не более	0,25
Фосфор (P), не более	0,035
Хром (Cr), не более	0,25
Сера (S), не более	0,04

Обтачивание производилось резцом со сменной многогранной пластиной ГОСТ 19044-80 с материалом режущей части ВК6ОМ

2.2 Режимы резания и инструменты

Исследование параметров сигналов акустической эмиссии и вибрации с регистрацией технологических сил резания осуществлялось при следующих параметрах геометрии инструмента и постоянных режимов резания:

- угол наклона режущей кромки – $\omega = -45^\circ$ и $\omega = 45^\circ$;
- передний угол инструмента – $\gamma = 0^\circ$;
- задний угол инструмента – $\alpha = 15^\circ$;
- глубина резания – $t = 0,3$ мм;
- подача – $s = 0,3$ мм/об;
- материал обрабатываемой заготовки – Сталь 45;
- материал режущей части инструмента – ВК6ОМ;
- частота вращения шпинделя – 1250 об/мин.

Таблица 2 – Химический состав ВК6ОМ ГОСТ 2550-89.

Химические элементы и карбиды	Процентное содержание элемента, %
1	2
Углерод общий	5,70
Углерод свободный	0,25
Железо	0,30
Кислород	0,60
WC	91,80
TaC	2,00
Vc	0,10
Co	6,00

3 РАСЧЕТЫ И АНАЛИТИКА

Студент гр. 10А21

(Подпись)

Г.С.Бровкин

(Дата)

Руководитель
ассистент кафедры ТМС

(Подпись)

А.В.Филиппов

(Дата)

Нормоконтроль
к. т. н., доцент кафедры ТМС

(Подпись)

А.А.Ласуков

(Дата)

3.1 Технологическая часть

3.1.1 Служебное назначение и технические характеристики детали (изделия).

Данное изделие – основание резца ФЮРА. А21080.011 – входит в состав специального режущего инструмента, а именно резца для безвершинного резания. Основание резца служит для базирования и закрепления многогранных пластин (СМП). Резцы для безвершинного резания применяются для токарной обработки на универсальных и станках с ЧПУ. При применении данных резцов повышается производительность и качество поверхности. Резец изготовлен из стали ХВГ ГОСТ 5950 - 2000. Класс: Сталь инструментальная легированная используется в промышленности для измерительного и режущего инструмента, для которого повышенное коробление при закалке недопустимо: резьбовые калибры, протяжки, длинные метчики, длинные развертки и другой вид специального инструмента, холодновысадочные матрицы и пуансоны, технологическая оснастка. Химический состав стали приведен в таблице 3.

Таблица 3 – Химический состав стали ХВГ ГОСТ 5950 – 2000.

Химический элемент	%
1	2
Кремний (Si)	0,1 – 0,4
Марганец (Mn)	0,8 – 1,1
Медь (Cu)	до 0,3
Никель (Ni)	до 0,35
Сера (S)	до 0,03
Углерод (C)	0,9 – 1,05
Хром (Cr)	0,9 – 1,2
Фосфор (P)	до 0,03
Молибден (Mo)	до 0,3
Вольфрам (W)	1,2 – 1,6

Технологические свойства стали ХВГ приведены в таблице 4.

Механические свойства стали ХВГ приведены в таблице 5.

Таблица 4 – Технологические свойства стали ХВГ.

1	2
Свариваемость:	не применяется для сварных конструкций.
Флокеночувствительность:	чувствительна.
Склонность к отпускной хрупкости:	малосклонна.

Таблица 5 – Механические свойства стали ХВГ.

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$, Н/мм ²	σ_R , Н/мм ²	δ , %	Ψ , %	KCU, Дж/см ²	HRC	HB
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда		не менее						
1	2	3	4	5	6					7	8

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8
Гост5950-2000	Отжиг	770 — 790	С печью со скоростью 30 °C/ч	-	Не определяются	-	≤255

3.1.2 Производственная программа выпуска детали. Определение типа производства.

Тип производства для механической обработки деталей на предварительном этапе следует оценивать по таблице 6.

Таблица 6 – Тип производства для механической обработки деталей.

Масса детали, кг	Количество обрабатываемых в год деталей при типе производства, шт			
	мелкосерийном	среднесерийном	крупносерийном	массовом
до 200	1000-5000	5000-10000	10000-100000	св. 10000
200-2000	20-500	500-1000	1000-5000	св. 5000

При максимальном весе детали до 200 кг и годовой программе выпуска N=1000 шт/год определяем предварительно тип производства - мелкосерийный.

3.2.1 Анализ технологичности объекта производства.

Технологичным является то, что деталь имеет хорошие базовые поверхности для установки на станке. При изготовлении детали не используются сложные, специальные станки и режущие инструменты. Деталь не имеет отверстий, расположенных углами к плоскости входа, а так же множество отверстий являются сквозными. Конструкция детали позволяет вести обработку некоторых плоскостей на проход. Взаимное расположение поверхностей детали не вызывает трудности при подводе режущего инструмента. Все размеры можно проконтролировать с помощью универсального мерительного инструмента. Специальные измерительные средства не требуются. Деталь выполняется и заготовки полученная прокатом.

Не технологичным является то, что изготовление детали из проката вызывает повышенный расход металла и большой объем механической обработки. Не технологичными являются четыре глухих отверстий, а так же множество мелких конструктивных элементов, а именно все уступы. Применяется разметочные операции, что является не технологичным. Много слесарных операций.

Все размеры можно проконтролировать с помощью универсального мерительного инструмента. Специальные измерительные средства не требуются.

3.2.1.1 Количественная оценка технологичности

Коэффициент использования материала вычисляется по формуле (8).

$$k_{им} = \frac{m_0}{m_3}, \quad (8)$$

$$k_{им} = \frac{0,25}{0,694} = 0,360$$

m_0 – масса детали, кг;

m_3 – масса заготовки, кг.

Коэффициент унификации конструктивных элементов вычисляется по формуле (9).

$$K_{уэ} = Q_{уэ} / Q_э = 16/26 = 0,615, \quad (9)$$

Где $Q_{уэ}$ – количество унифицированных элементов, шт.;

$Q_э$ – количество элементов всего в изделии, шт.

По этому показателю деталь технологична, так как $K_{уэ}$ больше 0,6.

Коэффициент шероховатости вычисляется по формуле (10).

$$K_{um} = 1 / B_{cp} = 1 / 8,42 = 0,118. \quad (10)$$

Средняя шероховатость поверхностей находится по формуле (11).

$$B_{cp} = \Sigma Ra_i \cdot \Pi_{Ra} / \Pi_{\Sigma} = 143.3 / 17 = 8,42. \quad (11)$$

Где ΣRa_i – заданная шероховатость, мкм.;

Π_{Ra} – количество поверхностей имеющих шероховатость, шт.;

Π_{Σ} – суммарное количество поверхностей, шт.

3.2.2 Выбор заготовки и метод её получения

Производим технико-экономический расчет изготовления заготовки прокат круглый высокой и обычной точности.

3.2.2.1 Расчет заготовки получаемой прокатом горячекатаного круга высокой точности.

Определяем объём заготовки из проката:

$$V_{np} = r^2 \cdot l \cdot \pi \quad (12)$$

$$V_{np} = 25^2 \cdot 45 \cdot 3,14 = 88312,5 \text{ мм}^3.$$

$$M_{заг} = V \cdot \rho \quad (13)$$

$$M_{заг} = 88312,5 \cdot 7830 = 0,694 \text{ кг}.$$

Стоимость 1кг горячекатаного круга обычной точности $Q=38 \text{ руб/кг}$

$$---S_{заг2} = 0,694 \cdot 38 - (0,694 - 0,25) \cdot \frac{1100}{1000} = 25,884 \text{ руб.} \quad (14)$$

3.2.2.2 Расчет заготовки получаемой прокатом горячекатаного круга обычной точности.

Определяем объём заготовки из проката:

$$V_{np} = 25^2 \cdot 45 \cdot 3,14 = 88312,5 \text{ мм}^3.$$

$$M_{\text{заг}} = 88312,5 \cdot 7830 = 0,694 \text{ кг.}$$

Стоимость 1кг горячекатаного круга обычной точности Q=32руб/кг

$$S_{\text{заг1}} = 0,694 \cdot 32 - (0,694 - 0,25) \cdot \frac{1100}{1000} = 21,720 \text{ руб.}$$

3.2.2.3 Оценка экономической эффективности заготовки

Примерный экономический эффект рассчитывается по формуле (15).

$$\mathcal{E} = (S_{\text{заг1}} - S_{\text{заг2}}) \cdot N \quad (15)$$

$$\mathcal{E} = (25,884 - 21,720) \cdot 1080 = 4497,12 \text{ руб}$$

Проанализировав способ получения заготовки, сделал вывод, что способ получения заготовки соответствует техническим требованиям, т.к. из стали ХВГ можно горячекатаным кругом сделать заданную заготовку. Считаю, что способ получения заготовки соответствует установленному типу производства. Данный метод получения заготовки является наиболее технологичным.

3.2.3 Составление технологического маршрута обработки

Маршрут обработки основания резца для безвершинного точения представлен в таблице 7.

Таблица 7 – Маршрут обработки основания резца для безвершинного точения.

№операции	Наименование и содержание операции	Оборудование
1	2	3
005	<p>Токарная с ЧПУ</p> <p>Установить и закрепить заготовку.</p> <p>1 Подрезать торец 1 на длину L=2+0,2мм.</p> <p>2 Точить поверхность 2 выдерживая размер Ø48 +0,16мм на длину L=45 ± 0,5 мм</p> <p>3 Точить поверхность 3 выдерживая размер Ø20 +0,13мм на длину L=5+0,1мм</p> <p>4 Точить фаску 4 в размер 0,5*45°мм</p> <p>5 Точить фаску 5 в размер 1*45°мм</p> <p>6 Отрезать заготовку выдерживая длину L=41±0,35мм</p> <p>Снять заготовку.</p>	Токарный станок 16K20
010	<p>Токарная с ЧПУ</p> <p>Установить и закрепить заготовку.</p> <p>1 Подрезать торец 1 выдерживая размер Ø48+0,16 мм на длину L=40,5±0,1 мм</p> <p>Снять заготовку.</p>	Токарный станок 16K20

Продолжение таблицы 7

1	2	3
015	Фрезерная Установить и закрепить заготовку. 1. Фрезеровать уступ 1 выдерживая размер $h=24\pm0,05$ мм на длину $L=28,5\pm0,05$ мм Снять заготовку.	Вертикально-фрезерный станок 6P11
017	Слесарная Снять заусенцы, острые кромки притупить.	Верстак
020	Радиально - сверлильная Установить и закрепить заготовку. 1. Сверлить отверстие 1 в размер $\varnothing 5,2$ мм. 2. Развёртывать отверстие 1 в размер $\varnothing 5,6$ мм. 3. Развёртывать отверстие 1 в размер $\varnothing 6$ мм Снять заготовку.	Радиально-сверлильный станок АС2550.
025	Радиально - сверлильная Установить и закрепить заготовку. 1. Сверлить 3 отверстия в размер $\varnothing 5,2$ мм через кондуктор. 2. Нарезать резьбу 1 М6-Н7 3. Нарезать резьбу 2 М6-Н7 4. Нарезать резьбу 3 М6-Н7 Снять заготовку.	Радиально-сверлильный станок АС2550 .
027	Слесарная Снять заусенцы, острые кромки притупить.	Верстак
030	Фрезерная Установить и закрепить заготовку. 1. Фрезеровать стенку 1 под углом $\angle =35^{\circ}\pm 2^{\circ}$ выдерживая размер $L=11,5\pm0,2$ мм 2. Фрезеровать стенку 2 под углом $\angle =35^{\circ}\pm 2^{\circ}$ выдерживая размер $L=11,5\pm0,2$ мм 3. Фрезеровать уступ 3 выдерживая размер $h=6,3\pm0,18$ мм на длину $L=28,5\pm0,2$ мм и ширину $b=12\pm0,2$ мм 4. Сверлить отверстие 4 в размер $\varnothing 2,6$ мм, выдерживая размер $h=7,8\pm0,2$ мм 5. Сверлить отверстие 5 в размер $\varnothing 2,6$ мм, выдерживая размер $h=7,8\pm0,2$ мм 6. Нарезать резьбу 4 М3-Н7 выдерживая размер $h=6\pm0,15$ мм 7. Нарезать резьбу 5 М3-Н7 выдерживая размер $h=6\pm0,15$ мм Снять заготовку.	Вертикально-фрезерный станок с ЧПУ DMG.

Продолжение таблицы 7

1	2	3
032	Слесарная Снять заусенцы, острые кромки притупить.	Верстак
035	Фрезерная Установить и закрепить заготовку. Фрезеровать стенку 1 согласно чертежу, под углом $\angle = 80^\circ \pm 2^\circ$ к оси детали. Снять заготовку.	Вертикально-фрезерный станок 6Р11
037	Слесарная Снять заусенцы, острые кромки притупить.	Верстак
040	Фрезерная Установить и закрепить заготовку. 1. Сверлить отверстие 1 выдерживая размер $\varnothing 4\text{мм}$ на глубину $h=12 \pm 0,2\text{мм}$. 2. Фрезеровать уступ 2 под углом $\angle = 60^\circ + 0,5^\circ$, выдерживая размер $L=18,12 \pm 0,1\text{мм}$ на глубину $h=9,6 \pm 0,05\text{мм}$ $\angle = 60^\circ + 0,5^\circ$ 3. Фрезеровать колодец 3 в размер $h=1 \pm 0,1\text{мм}$ 4. Фрезеровать уступ 4 выдерживая размер $R=3\text{мм}$ на длину $L=20 \pm 0,1\text{мм}$ глубину $h=6 \pm 0,1\text{мм}$ 5. Сверлить отверстие 5 в размер $\varnothing 5\text{мм}$ глубиной $h=15 \pm 0,3\text{мм}$ 6. Сверлить отверстие 6 выдерживая размер $\varnothing 2,6\text{мм}$ 7. Сверлить отверстие 7 выдерживая размер $\varnothing 2,6\text{мм}$ 8. Нарезать резьбу 6 М3-Н7 9. Нарезать резьбу 7 М3-Н7 10. Сверлить отверстие 8 выдерживая размер $\varnothing 4,6\text{мм}$ Нарезать резьбу 8 М5-Н7 Снять заготовку.	Вертикально-фрезерный станок с ЧПУ DMG.
042	Слесарная Снять заусенцы, острые кромки притупить.	Верстак
045	Контроль Контроль размеров по чертежу	Плита поверочная

3.2.4 Выбор баз

Выбор технологических баз в значительной степени определяет точность линейных размеров поверхностей, полученных в процессе

обработки, выбор режущего и мерительного инструмента, станочных приспособлений, производительность обработки.

На операции 005 токарной, заготовка устанавливается в трёх кулачковый патрон с упором в торец. $\varepsilon_{\text{баз}}=0$ так как технологическая и измерительная базы совпадают. Схема установки заготовки показана на рисунке 19.

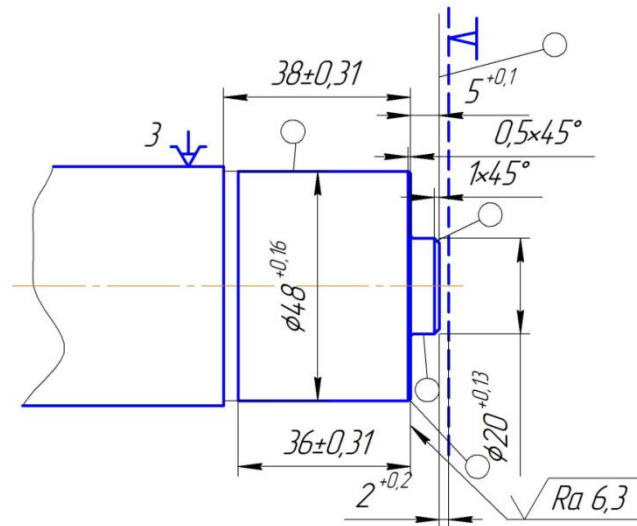


Рисунок 19 Схема установки заготовки

На операции 010 токарной, заготовка устанавливается в трёх кулачковый патрон с упором в торец. $\varepsilon_{\text{баз}}=0$ так как технологическая и измерительная базы совпадают. Схема установки заготовки показана на рисунке 20.

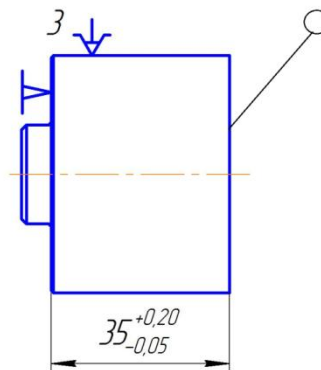


Рисунок 20 Схема установки заготовки

На операции 015 фрезерной, деталь устанавливается на опору с упором в торец. $\varepsilon_{\text{баз}}=0$ так как технологическая и измерительная базы совпадают. Схема установки заготовки показана на рисунке 21.

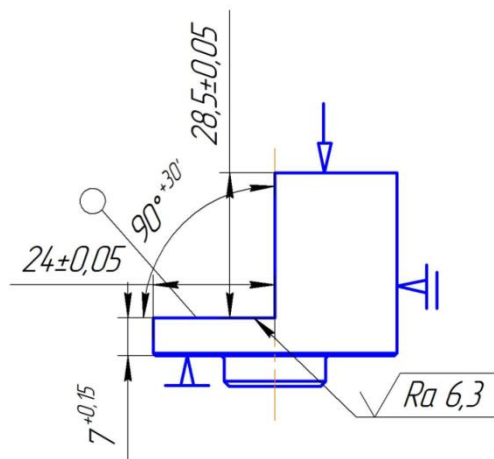


Рисунок 21 Схема установки заготовки

На операции 020 радиально – сверлильной, деталь устанавливается в призму с упором в торец и зажимается широким упором, согласно схеме. На диаметральные размеры $\epsilon_{\text{баз}}=0$ так как используем мерный инструмент. Схема установки показана на рисунке 22.

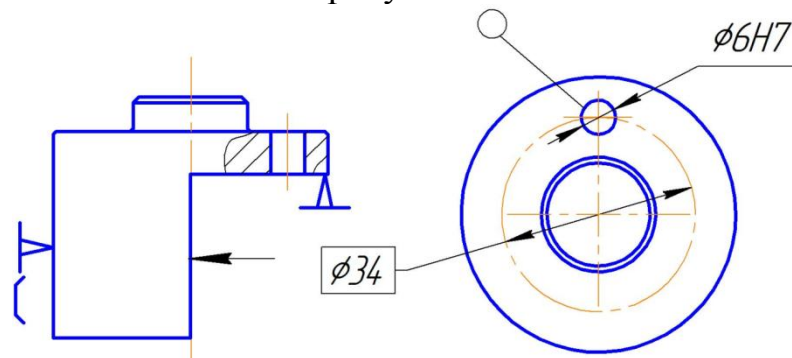


Рисунок 22 Схема установки заготовки

На операции 025 «радиально – сверлильная », деталь устанавливается в призму с упором в торец и зажимается широким упором, согласно схеме. Погрешность базирования на высотные размеры (глубину) будет обеспечиваться упорной втулкой установленной на сверле Ø5,2 мм. На диаметральные размеры $\epsilon_{\text{баз}}=0$ так как используем мерный инструмент. Отверстия сверлятся через кондуктор. Кондуктор ориентируется по точным поверхностям. Схема установки заготовки показана на рисунке 23.

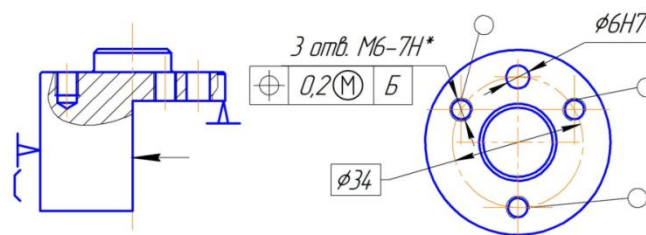


Рисунок 23 Схема установки заготовки

На операции 030 фрезерной, деталь устанавливается в призму с упорами в оба торца, и зажимается широким упором, согласно схеме. Погрешность базирования на диаметральные размеры $\epsilon_{\text{баз}}=0$ так как используем мерный инструмент. На меж осевые расстояния $\epsilon_{\text{баз}} = 0.4\text{мм}$. На остальные размеры $\epsilon_{\text{баз}}=0$ так как технологическая и измерительная базы совпадают. Схема установки заготовки показана на рисунке 24.

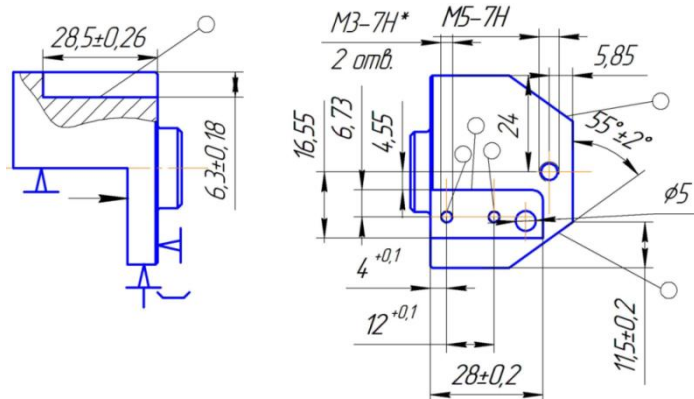


Рисунок 24 Схема установки заготовки

На операции 035 фрезерной, деталь устанавливается в УСП, $\epsilon_{\text{баз}}$ на размер 9,6мм ровняется допуску на размер 0,1мм. Схема установки заготовки показана на рисунке 25.

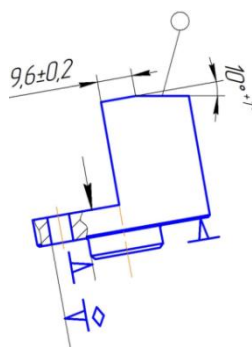


Рисунок 25 Схема установки заготовки

На операции 040 фрезерной, деталь устанавливается в призму с упором в торец. $\epsilon_{\text{баз}}$ на размер 1мм =0,3 мм. На все остальные размеры $\epsilon_{\text{баз}}=0$ так как обработка выполняется мерным инструментом. Схема установки показана на рисунке 26.

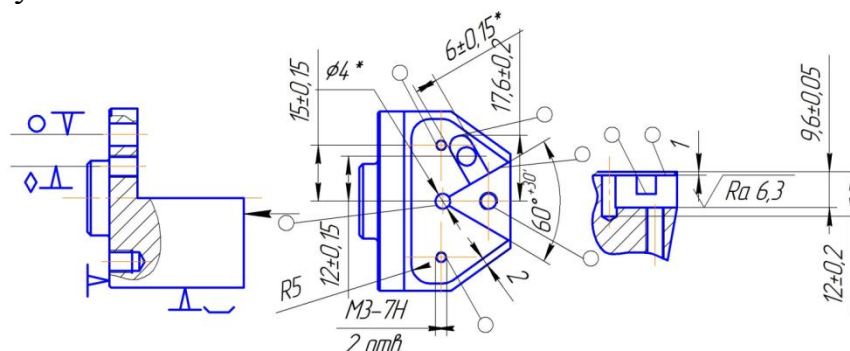


Рисунок 26 Схема установки заготовки

3.2.5 Выбор средств технологического оснащения

Выбор средств технологического оснащения представлен в таблицах 8 – 12.

Операции 005, 010 токарные выполняются на токарном станке 16K20. Главным фактором при выборе станка был диаметр шпинделя, так как изделие ФЮРА.А21080.011. изготавливается из прутка диаметром 50 мм. Характеристики токарного станка 16K20 приведены в таблице 8.

Таблица 8 – Характеристики токарного станка 16K20

Параметры	Ед/изм	Знач.
1	2	3
Класс точности		H
Наибольший диаметр обрабатываемой заготовки над станиной	мм	400
Наибольший диаметр точения над поперечным суппортом	мм	220
Наибольший диаметр обрабатываемого прутка	мм	50
Наибольшая длина обрабатываемого изделия	мм	710
Предел числа оборотов шпинделя	об/мин	12,5-1600
Пределы подач		0,05-2,8
- продольных	мм/об	0,025-
- поперечных	мм/об	1,4
Наибольшее усилие допускаемое механизмом подач на упоре		
- продольное	кгс	800
- поперечное		460
Наибольшее усилие допускаемое механизмом подач на резце		
- продольное	кгс	600
- поперечное		360
Мощность электродвигателя главного движения	кВт	11
Габариты станка (Длина)		
- длина		2505,
- ширина	мм	1190
- высота		1500
Масса станка	кг	2835

Операции 015 и 035 фрезерные выполняются на вертикально – фрезерном станке модели 6P11. Станок выбран из – за собственных габаритов, а так же точности которая удовлетворяет требованиям на данных операциях. Характеристики вертикально – фрезерного станка 6P11 приведены в таблице 9.

Таблица 9 – Характеристики вертикально – фрезерного станка 6P11.

Параметры	Значение
1	2
Размеры рабочей поверхности стола, мм	400x1600
Перемещение стола, мм:	
продольное	1000
поперечное	340
вертикальное	430
Количество Т-образных пазов	3
Расстояние между пазами, мм	90
Ширина Т-образных пазов, мм	
направляющего	18Н9
крайних	18Н11
Количество подач стола	22
Количество частот вращения шпинделя	18
Частота вращения шпинделя, об/мин	40-2000
Расстояние от торца шпинделя до стола, мм	70-500
Мощность электродвигателя главного движения, кВт	7,5
Габариты станка, мм	2595x2418x2460
Вес станка, кг	4870

Операции 020, 025 радиально – сверлильные выполняются на радиально – сверлильном станке модели АС 2550. Станок выбран из-за малых габаритов, а так же подходит по требуемую мощность. Характеристики радиально – сверлильного станка АС2550 приведены в таблице 10.

Таблица 10 – Характеристики радиально – сверлильного станка АС2550

Параметры	Значение, Ед/изм
1	2
Класс точности по ГОСТ 8-82	Н
Наибольший условный диаметр сверления	50 мм
Вылет шпинделя от образующей колонны	
- наибольший	1600 мм
- наименьший	350 мм
Расстояние от торца шпинделя до плиты	
- наибольшее	1220 мм
- наименьшее	320 мм
Расстояние от торца шпинделя до стола	
- наибольшее	720 мм
- наименьшее	370 мм
Дополнительные размеры и параметры	
Количество ступеней частот вращения шпинделя	16

Продолжение таблицы 10

1	2
Пределы частот вращения шпинделя	25 - 2000 об/мин
Количество ступеней механических подач шпинделя	16
Пределы подач шпинделя	0,04 - 3.2 мм/об
Наибольший крутящий момент шпинделя	500 Нм
Максимальное усилие, допускаемое механизмом подач	18000 Н
Колонна - диаметр - зажим колонны	300 мм Гидравлический
Рукав -наибольший ход по колонне -скорость подъема рукава -наибольший угол поворота рукава вокруг оси колонны -зажим на колонне	580 мм 1,2 м/мин ±180° Электромеханич
Сверлильная головка - наибольший ход по направляющим рукава -зажим на направляющих рукава	1250 мм Гидравлический
Шпиндель	
Ход шпинделя - наибольший - на 1 оборот лимба - на 1 деление лимба - на 1 деление лимба точной настройки	315 мм 100 мм 1 мм 0,1 мм
Размер конуса шпинделя по ГОСТ 25557	Морзе 5
Плита -ширина фундаментной плиты -ширина паза -расстояние между пазами -количество пазов	1070 мм 22 мм 225 мм 3 шт
Стол -размер рабочей поверхности -высота -ширина паза -расстояние между пазами -количество пазов	630x500 мм 500 мм 18 мм 150 мм 3 шт
Противовес	Пружинный
Мощность привода главного движения	4 кВт
Суммарная мощность электродвигателей,	6,34 кВт
Габаритные размеры -длина -ширина -высота	2500 мм 1070 мм 2840 мм
Вес	3500 кг

Операции 030, 040 фрезерные выполняются на вертикально – фрезерном станке с ЧПУ модели DMG. Так как на 030 и 040 операции много сложных обрабатываемых конструктивных элементов, то выбор пал на вертикально – фрезерного обрабатывающего центра DMC из-за УЧПУ и точности станка. Характеристики вертикально-фрезерного обрабатывающего центра DMC 635 VECOLINE изложены в таблице 11.

Таблица 11 – Характеристики вертикально-фрезерного обрабатывающего центра DMC 635 VECOLINE

Параметры	Значение
1	2
Рабочая зона	
Путь перемещения по оси X, мм	635
Путь перемещения по оси Y, мм	510
Путь перемещения по оси Z, мм	460
Подача	
Сила подачи, Н	5000
Скорость подачи, м/мин	24
Ускоренный ход, м/мин	30
Точность позиционирования	
Рабочий шпиндель (стандарт)	
Диапазон частоты вращения, макс., об/мин	8000/12000
Мощность привода (40/100% ED)	13/8,4
Мощность вращения (40/100% ED)	83/57
Зажим инструментов	SK40/ CAT40
Магазин / устройство смены инструментов	
Количество инструментов	20/30
Диаметр инструмента, макс., мм	80
Диаметр инструмента при свободных соседних местах макс., мм	130
Длина инструмента, макс., мм	300
Время смены инструмента, с	1,6
Время от реза до реза, с	5
Исполнение стола	
Рабочая площадь с Т-образными канавками, мм	760x560
Высота загрузки (верхняя кромка стола), мм	720
Нагрузка на стол(вес надстройки), кг	600

Технологическая оснастка для изготовления основания резца для безвершинного точения представлена в таблице 12.

Таблица 12 – Технологическая оснастка для изготовления основания резца для безвершинного точения.

№ операции и название операции.	Оснастка
1	2
005 Токарная	1. Патрон трех кулачковый само центрирующий ГОСТ 5-80 2. Резец 2102-1111 Т15К6 ГОСТ 18877-73 3. Резец 2101-0011 Т15К6 ГОСТ 18879-73 4. ШЦ-I-125-01 ГОСТ 166-60; 5. Очки О ГОСТ 12.4.013-85 6. Державка GEHSR 20-2Iscar 7. ПластикаGEPI 2.5-MT0.05IC08 IC908Iscar
010 Токарная	1. Пластика DNMG 110412-NFIscar 2. Державка DDJNR/L 2020K-11Iscar 3. Очки О ГОСТ 12.4.013-85 4. ШЦ I-125-0,1 ГОСТ 166-80
015 Фрезерная	1.Фреза концевая 40, Т15К6 ТУ2.035.0223131.149-89; 2.Оправка 6222 – 0141 ГОСТ 26538-85; 3. ШЦ I-125-0,1 ГОСТ 166-80 4.Очки 0 ГОСТ 12.4.013-85; 5.Тара 505-190.
017 Слесарная	1.Верстак 2. Очки О ГОСТ 12.4.013-85 3. Надфиль 2826-0029 ГОСТ 1513-77
020 Радиально-сверлильная	1.Сверло Ø5,3 035-2300-1213 ОСТ 2И20-1-80, Т15К6 2.Развёртка 2363-0060 U9 ГОСТ 1672-80 3.Развёртка 2663-0060 H7 ГОСТ 1672-85 4. Втулка 222-211-03; 5. Патрон быстросменный ГОСТ 8522-79; 6.Калибр пробка ПР Ø6 СТП 406-4307-82; 7.Очки 0 ГОСТ 12.4.013-85; 8.Тара 505-190.
025 Радиально-сверлильная	1.Сверло Ø5,3 035-2300-1213 ОСТ 2И20-1-80, Т15К6 2. Метчик 035-2620-0551 ГОСТ11175-80; 3. Кондуктор Ø5,2 7051-0047 ГОСТ18429-73 4. Втулка 222-211-03; 5. Патрон быстросменный ГОСТ 8522-79; 6.Калибр резьбовой М6 -7Н СТП 406-4307-82; 7.Очки ГОСТ 12.4.013-85; 8.Тара 505-190.
027 Слесарная	1.Надфиль 2826-0029 ГОСТ 1513-77 2.Верстак слесарный; 3.Очки ГОСТ 12.4.013-85

Продолжение таблицы 12

1	2
030 Вертикально-фрезерная	1. Цельная твердосплавная концевая фреза 35100-MEGA 2. Цельная твердосплавная концевая фреза 35050-MEGA 3. Оправка 6222 – 0141 ГОСТ 26538-85; 4. Цельное твердосплавное сверло SECOSD205A-4.2-27 5. Комплект метчиков МЗ-1 035-2317-0102 ОСТ 2И20-5-80, Т15К6 6. Оправка 6222 – 0141 ГОСТ 26538-85; 7. Втулка 222-211-03; 8. Патрон 8-B12 ГОСТ 8522-79; 9. Втулка 222-177; 10. Резьбовой калибр МЗ, 2Н11 СТП406-4307-82; 11. ШЦ I-125-0,1 ГОСТ 166-80 12. Очки ГОСТ 12.4.013-85; 13. Тара 505-190.
032 Слесарная	1. Надфиль 2826-0029 ГОСТ 1513-77 2. Бор машина 3. Верстак 4. Очки 0 ГОСТ 12.4.013-85;
035 Вертикально-фрезерная с ЧПУ	1. Цельная твердосплавная концевая фреза 35050-MEGA 2. Оправка 6222 – 0141 ГОСТ 26538-85; 3. Цанговый патрон DIN40 ADBE3469 5875 1670 4. Цанга SECO5880 16 05HP5 5. Штангенциркуль ШЦ-II-125-0,05 ГОСТ 166-89 6. Угломер типа 1-2 ГОСТ 5378-88 7. Очки 0 ГОСТ 12.4.013-85; 8. Тара 505-190.
037 Слесарная	1. Надфиль 2826-0029 ГОСТ 1513-77 2. Верстак слесарный; 3. Очки ГОСТ 12.4.013-85
040 Вертикально-фрезерная с ЧПУ	1. Концевая 25, Т15К6 ГОСТ 4675-71 2. Фреза Ø3 Т15К6 ТУ2.035.0223131.149-89; 3. Фреза Ø6 ГОСТ 17026-71, Т15К6; 4. Сверло Ø4,6 Т15К6 ТУ2.035.0223131.136-89 5. Сверло Ø2,6 Т15К6 ТУ2.035.0223131.149-84 6. Сверло Ø5 Т15К6 ТУ2.035.0223131.148-86 7. Втулка 3/1 СТП 406-2308-81; 8. Патрон 8-B12 ГОСТ 8522-79;
	7. Втулка 222-211-03; 9. Патрон 8-B12 ГОСТ 8522-79; 10. Сверло Ø4,3 035-2317-0102 ОСТ 2И20-5-80, Т15К6

Продолжение таблицы 12

1	2
	11.Метчик 035-2620-0551 ГОСТ11175-80, Т15К6; 12.Втулка 222-211-03; 13. Патрон быстросменный ГОСТ 8522-79; 14.Пробка ПР М8-7Н СТП 406-4307-82; 15. Угломер типа 1-2 ГОСТ 5378-88 16.Глубиномер ГМП-250-0,05 ГОСТ 166-80 17.Калибр скоба. 18.ШЦ П-250-0,05 ГОСТ 166-80 19.Очки 0 ГОСТ 12.4.013-85; 20. Тара 505-190
042 Слесарная	1.Надфиль 2826-0029 ГОСТ 1513-77 2.Верстак слесарный; 3.Очки О ГОСТ 12.4.013-85
045 Контрольная	1.Контрольная плита. 2.Пробка ПР М8-7Н СТП 406-4307-82; 3.Угломер УМ-400-0,05 ГОСТ 164-80 4.Глубиномер ГМП-250-0,05 ГОСТ 166-80 5.Калибр скоба. 6.Пробка ПР М6-7Н СТП 406-4307-82; 7.Пробка ПР М3-7Н СТП 406-4307-82; 8.Пробка ПР М5-7Н СТП 406-4307-82;

3.2.6 Расчет режимов резания

Назначение режимов резания на обработку основания резца для безвершинного точения представлены в таблице 13.

Таблица 13 – Назначение режимов резания на обработку основания резца для безвершинного точения.

№ операции	Инструмент	Режимы резания
1	2	3
005	Подрезать торец 1 на длину $L=2+0,2\text{мм}$ мм Резец 2102-1111 Т15К6 ГОСТ 18877-73	. Глубина резания $t=1,5\text{мм}$. Подача $S=0,5\text{ мм/об}$. Скорость резания $V=163\text{ м/мин}$. Число оборотов шпинделя $n=630\text{ об/мин}$. Мощность резания $N=2,3\text{ кВт}$. Основное время $T_0=0,7\text{ мин}$
	. Точить фаску 4 в размер $0,5*45^\circ\text{мм}$ Резец 2102-1111 Т15К6 ГОСТ 18877-73	Глубина резания $t=0,5\text{мм}$. Подача $S=0,5\text{ мм/об}$. Скорость резания $V=163\text{ м/мин}$.

Продолжение таблицы 13

1	2	3
		Число оборотов шпинделя $n = 630$ об/мин. Мощность резания $N = 1,3$ кВт. Основное время $T_0 = 0,3$ мин
	Точить фаску 5 в размер $1 \times 45^\circ$ мм Резец 2102-1111 T15K6 ГОСТ 18877-73	Глубина резания $t = 1$ мм. Подача $S = 0,5$ мм/об. Скорость резания $V = 163$ м/мин. Число оборотов шпинделя $n = 630$ об/мин. Мощность резания $N = 1,5$ кВт. Основное время $T_0 = 0,3$ мин
	Точить поверхность 2 выдерживая размер $\varnothing 48 \pm 0,16$ мм на длину $L = 45 \pm 0,5$ мм. Точить поверхность 3 выдерживая размер $\varnothing 20 \pm 0,13$ мм на длину $L = 5 \pm 0,1$ мм Резец 2101-0011 T15K6 ГОСТ 18879-73	Глубина резания $t = 1,0$ мм. Подача $S = 0,7$ мм/об. Скорость резания $V = 150$ м/мин. Число оборотов шпинделя $n = 400$ об/мин. Мощность резания $N = 2,3$ кВт. Основное время $T_0 = 1,8$ мин.
	Отрезать заготовку выдерживая длину $L = 41 \pm 0,35$ мм Державка GEHSR 20-2Iscar Пластика GEPI 2.5-MT0.05IC08 IC908Iscar	Подача $S = 0,1$ мм/об. Скорость резания $V = 138,16$ м/мин. Число оборотов шпинделя $n = 230$ об/мин. Мощность резания $N = 2,3$ кВт. Основное время $T_0 = 0,8$ мин.
010	Подрезать торец 1 выдерживая размер $\varnothing 48 \pm 0,16$ мм на длину $L = 40,5 \pm 0,1$ мм. Пластика DNMG 110412-NFIscar Державка DDJNR/L 2020K-11Iscar	Глубина резания $t = 1,5$ мм. Подача $S = 0,7$ мм/об. Скорость резания $V = 163$ м/мин. Число оборотов шпинделя $n = 630$ об/мин. Мощность резания $N = 2,3$ кВт. Основное время $T_0 = 0,3$ мин.
015	Фрезеровать уступ 1 выдерживая размер $h = 24 \pm 0,05$ мм на длину $L = 28,5 \pm 0,05$ мм Фреза концевая 40, T15K6 ТУ 2.035.0223131.149-89;	Глубина резания $t = 4$ мм. $B = 28$ мм Подача $S_z = 0,1$ мм/зуб. Скорость резания $V = 235$ м/мин. Число оборотов шпинделя $n = 615$ об/мин. Крутящий момент $M_{кр} = 71$ Н·м. Мощность резания $N = 2,2$ кВт. Основное время $T_0 = 3,3$ мин.
020	Сверлить отверстие 1 в размер $\varnothing 5,2$ мм.	Глубина резания $t = 2,6$ мм. Подача $S_0 = 0,45$ мм/об.

Продолжение таблицы 13

1	2	3
	Сверло Ø5,3 035-2300-1213 ОСТ 2И20-1-80, Т15К6	Скорость резания $V = 69$ м/мин. Число оборотов шпинделя $n = 1300$ об/мин. Крутящий момент $M_{кр} = 19$ Н·м. Мощность резания $N = 4,3$ кВт. Основное время $T_o = 0,05$ мин.
	Развернуть отверстие 1 в размер Ø6U9 мм Развёртка 2363-0060 U9 ГОСТ 1672-80	Глубина резания $t = 0,2$ мм. Подача $S_o = 0,76$ мм/об. Скорость резания $V = 16,6$ м/мин. Число оборотов шпинделя $n = 300$ об/мин. Сила резания $P_z = 677,5$ Н. Мощность резания $N = 1,21$ кВт. Основное время $T_o = 0,03$ мин
	Развернуть отверстие 1 в размер Ø6мм Развёртка 2663-0060 H7 ГОСТ 1672-85	Глубина резания $t = 0,2$ мм. Подача $S_o = 0,66$ мм/об. Скорость резания $V = 13,3$ м/мин. Число оборотов шпинделя $n = 250$ об/мин. Сила резания $P_z = 32,5$ Н. Мощность резания $N = 0,46$ кВт. Основное время $T_o = 0,46$ мин.
025	Сверлить 3 отверстия в размер Ø5,2мм через кондуктор. Сверло Ø5,3 035-2300-1213 ОСТ 2И20-1-80, Т15К6	Глубина резания $t = 2,6$ мм. Подача $S_o = 0,45$ мм/об. Скорость резания $V = 47$ м/мин. Число оборотов шпинделя $n = 1300$ об/мин. Крутящий момент $M_{кр} = 19$ Н·м. Мощность резания $N = 4,3$ кВт. Основное время $T_o = 0,15$ мин.
030	Фрезеровать стенку 1 и 2 под углом $\angle = 35^\circ \pm 2^\circ$ выдерживая размер $L = 11,5 \pm 0,2$ мм. Цельная твердосплавная концевая фреза 35100- MEGA.	Глубина резания $t = 5$ мм. Подача $S_z = 0,12$ мм/зуб. Скорость резания $V = 84$ м/мин. Число оборотов шпинделя $n = 425$ об/мин. Мощность резания $N = 10,5$ кВт. Основное время $T_o = 4,88$ мин.
	Фрезеровать уступ 3 выдерживая размер $h = 6,3 \pm 0,18$ мм на длину $L = 28,5 \pm 0,2$ мм и ширину $b = 12 \pm 0,2$ мм.	Глубина резания $t = 1,5$ мм. Подача $S_z = 0,1$ мм/зуб. Скорость резания $V = 235$ м/мин. Число оборотов шпинделя $n = 316$ об/мин.

Продолжение таблицы 13

1	2	3
	Цельная твердосплавная концевая фреза 35050- MEGA.	Крутящий момент $M_{кр} = 71 \text{ Н} \cdot \text{м}$. Мощность резания $N = 1,2 \text{ кВт}$. Основное время $T_o = 1,32 \text{ мин}$.
	Сверлить 2 отверстия $\varnothing 2,6 \text{ мм}$, выдерживая размер $h = 7,8 \pm 0,2 \text{ мм}$. Цельное твердосплавное сверло SECOSD205A-4.2-27-	Глубина резания $t = 1,3 \text{ мм}$. Подача $S_o = 0,45 \text{ мм/об}$. Скорость резания $V = 56 \text{ м/мин}$. Число оборотов шпинделя $n = 2600$ об/мин. Крутящий момент $M_{кр} = 19 \text{ Н} \cdot \text{м}$. Мощность резания $N = 0,6 \text{ кВт}$. Основное время $T_o = 0,0015 \text{ мин}$.
035	Фрезеровать стенку 1 выдерживая размер $L = 9,6$ мм, под углом $\angle = 80^\circ \pm 2^\circ$ к оси детали. Цельная твердосплавная концевая фреза 35050-MEGA	Глубина резания $t = 3 \text{ мм}$. Подача $S_z = 0,12 \text{ мм/зуб}$. Скорость резания $V = 84 \text{ м/мин}$. Число оборотов шпинделя $n = 425$ об/мин. Мощность резания $N = 4,5 \text{ кВт}$. Основное время $T_o = 2,48 \text{ мин}$.
040	Сверлить отверстие 1 выдерживая размер $\varnothing 4 \text{ мм}$ на глубину $h = 12 \pm 0,2 \text{ мм}$. Сверло ISCAR GUNDRILLS D=4 W=60 LA=40 B=30 ISCAR	Глубина резания $t = 2,0 \text{ мм}$. Подача $S_o = 0,45 \text{ мм/об}$. Скорость резания $V = 69 \text{ м/мин}$. Число оборотов шпинделя $n = 3000$ об/мин. Крутящий момент $M_{кр} = 19 \text{ Н} \cdot \text{м}$. Мощность резания $N = 0,6 \text{ кВт}$. Основное время $T_o = 0,0015 \text{ мин}$.
	Фрезеровать уступ 2 под углом $\angle = 60^\circ + 0,5^\circ$, выдерживая размер $L = 18,12 \pm 0,1 \text{ мм}$ на глубину $h = 9,6 \pm 0,05 \text{ мм}$ $\angle = 60^\circ + 0,5^\circ$ Фреза концевая 25, T15K6 ГОСТ 4675-71	Глубина резания $t = 2,5 \text{ мм}$. Подача $S_z = 0,1 \text{ мм/зуб}$. Скорость резания $V = 235 \text{ м/мин}$. Число оборотов шпинделя $n = 615$ об/мин. Крутящий момент $M_{кр} = 71 \text{ Н} \cdot \text{м}$. Мощность резания $N = 1,2 \text{ кВт}$. Основное время $T_o = 2,7 \text{ мин}$.
	Фрезеровать колодец 3 в размер $h = 1 \pm 0,1 \text{ мм}$ Фреза $\varnothing 6$ ГОСТ 17026-71, T15K6	Глубина резания $t = 0,5 \text{ мм}$. Подача $S_z = 0,1 \text{ мм/зуб}$. Скорость резания $V = 235 \text{ м/мин}$. Число оборотов шпинделя $n = 530$ об/мин. Крутящий момент $M_{кр} = 71 \text{ Н} \cdot \text{м}$. Мощность резания $N = 0,8 \text{ кВт}$. Основное время $T_o = 0,9 \text{ мин}$.

Продолжение таблицы 13

1	2	3
	Фрезеровать уступ 4 выдерживая размер R=3мм на длину L=20± 0,1мм глубину h=6±0,1мм	Глубина резания t= 1,5 мм. Подача S ₀ = 0,1 мм/зуб. Скорость резания V= 235м/мин.
	Фреза Ø3 T15K6 ТУ2.035.0223131.149-89;	Число оборотов шпинделя n= 315 об/мин. Крутящий момент M _{кр} = 71 Н·м. Мощность резания N= 0,9 кВт. Основное время T _о = 1,6 мин.
	Сверлить отверстие 5 в размер Ø5мм глубиной h=15± 0,3мм Сверло Ø5 T15K6 ТУ2.035.0223131.149-89	Глубина резания t=2,5 мм. Подача S ₀ = 0,45 мм/об. Скорость резания V= 69м/мин. Число оборотов шпинделя n=1500 б/мин. Крутящий момент M _{кр} = 19 Н·м. Мощность резания N= 0,7 кВт. Основное время T _о = 0,0016 мин.
	Сверлить 2 отверстия выдерживая размер Ø2,6мм Сверло Ø2,6 T15K6 ТУ2.035.0223131.149-89	Глубина резания t=1,3 мм. Подача S ₀ = 0,45 мм/об. Скорость резания V= 56м/мин. Число оборотов шпинделя n= 26000б/мин. Крутящий момент M _{кр} = 19 Н·м. Мощность резания N= 0,6 кВт. Основное время T _о = 0,002 мин.
	Сверлить отверстие 8 выдерживая размер Ø4,6мм Сверло Ø4,6 T15K6 ТУ2.035.0223131.149-89	Глубина резания t=2,3 мм. Подача S ₀ = 0,45 мм/об. Скорость резания V= 76м/мин. Число оборотов шпинделя n= 1600 об/мин. Крутящий момент M _{кр} = 19 Н·м. Мощность резания N= 0,9 кВт. Основное время T _о = 0,0014 мин.

3.2.7 Нормирование

Нормирование операций механической обработки производится по общемашиностроительным нормативам времени [6].

Формулы для нормирования операции:

Вспомогательное время находится по формуле (16).

$$t_e = t_{уст} + t_{пер} + t_{изм} , \quad (16)$$

где $t_{уст}$ – время на установку и снятие детали, мин.;

$t_{пер}$ – вспомогательное время связанное с операций, мин;

$t_{изм}$ – вспомогательного времени на контрольные измерения, мин;

Оперативное время определяется по формуле (17).

$$t_{оп} = t_o + t_g, \quad (17)$$

где t_o – основное технологическое время, мин.

Норма штучно–калькуляционного времени определяется по формуле (18).

$$T_{шт.-к} = (t_o + t_g) \cdot \left(1 + \frac{t_{обсл} + t_{отд}}{100}\right) + \frac{t_{n-з}}{n}, \quad (18)$$

где t_o – основное технологическое время, мин.;

$t_{обсл}$ – время на организационное обслуживание рабочего места в процентах от оперативного времени, мин.;

$t_{отд}$ – время перерыва на отдых и личные надобности в процентах от оперативного времени, мин.;

$t_{n-з}$ – подготовительно заключительное время, мин.;

n – размер партии запуска, шт.

Нормирование операций механической обработки представлены в таблице 14.

Таблица 14 – Нормирование операций механической обработки.

№ оп	Содержание работы	Карта	Время, мин
1	2	3	4
005	Токарная 1 Основное время		3,9
	2 Вспомогательное время:		
	Время, связанное операцией	33	0,74
	- время на установку и снятия детали	34	1,35
	- время, связанное с переходом	87	0,64
	- время на измерения		1,0
	Коэффициент вспомогательного времени		2,73
	Суммарное вспомогательное время		
	3 Время на обслуживания рабочего места	34	0,2
010	4 Время на отдых и личные надобности	89	0,4
	5 Подготовительно-заключительное время на партию, на наладку станка, инструмента и приспособления, на другие дополнительные приемы.	33	24,0
	Штучное время		7,23
	Штучно-калькуляционное время		8,12
	Токарная 1 Основное время		0,3

Продолжение таблицы 14

1	2	3	4
	2 Вспомогательное время: Время, связанное операцией - время на установку и снятия детали - время, связанное с переходом - время на измерения Коэффициент вспомогательного времени Суммарное вспомогательное время	13 49 87	0,6 1,6 0,3 1,0 2,8
	3 Время на обслуживания рабочего места	50	0,2
	4 Время на отдых и личные надобности	89	0,4
	5 Подготовительно-заключительное время на партию, на наладку станка, инструмента и приспособления, на другие дополнительные приемы.	50	24,0
	Штучное время		3,7
	Штучно-калькуляционное время		4,59
015	Фрезерная 1 Основное время		3,3
	2 Вспомогательное время: Время, связанное операцией - время на установку и снятия детали - время, связанное с переходом - время на измерения Коэффициент вспомогательного времени Суммарное вспомогательное время	16 33 87	0,4 0,24 0,14 1,0 0,78
	3 Время на обслуживания рабочего места	34	0,16
	4 Время на отдых и личные надобности	89	0,39
	5 Подготовительно-заключительное время на партию, на наладку станка, инструмента и приспособления, на другие дополнительные приемы.	34	21
	Штучное время		4,63
	Штучно-калькуляционное время		5,41
020	Вертикально-сверлильная 1 Основное время		0,54
	2 Вспомогательное время: Время, связанное операцией: - время на установку и снятия детали - время, связанное с переходом - время на измерения Коэффициент вспомогательного времени. Суммарное вспомогательное время.	13 26 15	0,07 0,36 0,9 1,0 1,33
	3 Время на обслуживания рабочего места.	26	0,42

Продолжение таблицы 14

1	2	3	4
	4 Время на отдых и личные надобности.	16	0,98
	5 Подготовительно-заключительное время на партию, на наладку станка, инструмента и приспособления, на другие дополнительные приемы.	26	18,0
	Штучное время.		3,37
	Штучно-калькуляционное время.		4,04
025	Радиально - сверлильная 1 Основное время		0,15
	2 Вспомогательное время: Время, связанное операцией - время на установку и снятия детали - время, связанное с переходом - время на измерения Коэффициент вспомогательного времени Суммарное вспомогательное время	13 49 87	0,6 1,6 0,3 1,0 2,8
	3 Время на обслуживания рабочего места	50	0,42
	4 Время на отдых и личные надобности	89	0,28
	5 Подготовительно-заключительное время на партию, на наладку станка, инструмента и приспособления, на другие дополнительные приемы.	50	18,0
	Штучное время		3,65
	Штучно-калькуляционное время		4,32
	Фрезерная 1 Основное время		6,2015
	2 Вспомогательное время: Время, связанное операцией - время на установку и снятия детали - время, связанное с переходом - время на измерения Коэффициент вспомогательного времени Суммарное вспомогательное время	80 80 15	0,4 0,24 0,14 1,0 0,78
	3 Время на обслуживания рабочего места	80	0,16
030	4 Время на отдых и личные надобности	89	0,39
	5 Подготовительно-заключительное время на партию, на наладку станка, инструмента и приспособления, на другие приемы.	80	21,0
	Штучное время		7,53
	Штучно-калькуляционное время		8,31
	Фрезерная 1 Основное время		2,48
035			

Продолжение таблицы 14

1	2	3	4
	2 Вспомогательное время: Время, связанное операцией - время на установку и снятия детали - время, связанное с переходом - время на измерения Коэффициент вспомогательного времени Суммарное вспомогательное время	13 25 15	0,4 0,24 0,14 1,0 0,78
	3 Время на обслуживания рабочего места	25	0,16
	4 Время на отдых и личные надобности	16	0,39
	5 Подготовительно-заключительное время на партию, на наладку станка, инструмента и приспособления, на другие дополнительные приемы.	25	21,0
	Штучное время		3,81
	Штучно-калькуляционное время		4,59
040	Фрезерная 1 Основное время		5,2065
	2 Вспомогательное время: Время, связанное операцией - время на установку и снятия детали - время, связанное с переходом - время на измерения Коэффициент вспомогательного времени Суммарное вспомогательное время	13 26 15	0,3 0,36 1,5 1,0 2,16
	3 Время на обслуживания рабочего места	26	0,4
	4 Время на отдых и личные надобности	16	1,04
	5 Подготовительно-заключительное время на партию, на наладку станка, инструмента и приспособления, на другие дополнительные приемы.	33	18,0
	Штучное время		8,81
	Штучно-калькуляционное время		9,48

3.2.8. Конструкторская часть

3.2.8.1 Описание спроектированной конструкции и взаимодействия её частей.

Первоначально с учетом анализа известных конструкций безвершинных резцов, и ограничений накладываемых экспериментальной установкой была разработана конструкция данного резца (рисунок 27)

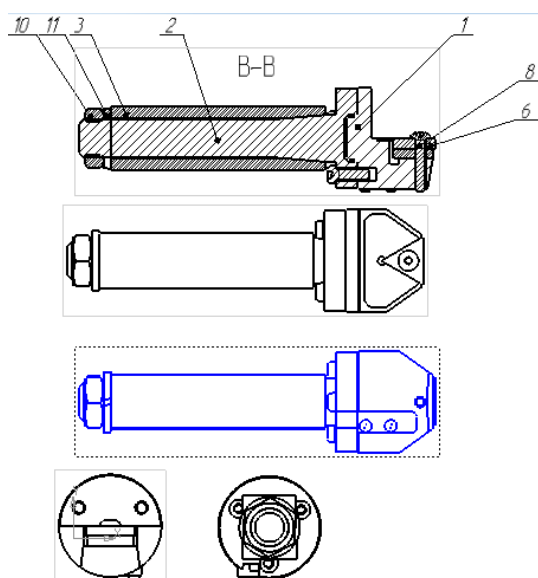


Рисунок 27 Конструкция безвершинного резца

Резец состоит из трёх частей. Прямоугольная державка 3, в которой имеется отверстие с конусом в который устанавливается ось 2. С торца фиксируется гайкой 10 через шайбу 11, от проворота. Резец оснащен твердосплавной пластинкой 6, которая крепится болтом 8. Резец оснащен основанием резца 1, которое крепятся тремя болтами 9 к оси резца 2. Так же имеется плоская крышка 4, которая служит для защиты датчика, и заглушка 5 для укрытия проводов датчика.

Для исследования процесса косоугольного точения безвершинным резцом необходимо спроектировать инструмент с возможностью крепления в его корпусе сменной многогранной пластины (СМП) из твердого сплава и поворотной частью для изменения угла ω . Так же важным является возможность изменения переднего угла инструмента γ , который оказывает существенное влияние на деформационные процессы в зоне резания. На основе этих требований была разработана трехмерная модель безвершинного резца (рисунок 28).

Основание резца изготавливается таким образом, чтобы обеспечить требуемое значение переднего и заднего угла инструмента.

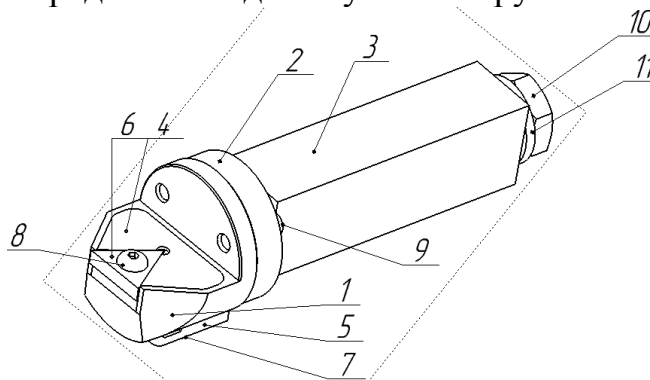


Рисунок 28 3D модель резца для безвершинного резания: 1 – основание резца, 2 – ось, 3 – державка, 4 – крышка, 5 – заглушка, 6 – СМП, 7 – болты крепления заглушки, 8 – винт крепления СМП, 9 – болты крепления основания и оси резца, 10 – болт М18, 11 – шайба, 12 – опорная пластина

Применение СМП треугольной формы обусловлено широкой распространённостью пластин данного типа, достаточно большой протяженностью режущей кромки (в работе может участвовать до 19 мм) и возможностью использовать все три режущие кромки по мере их износа.

3.2.8.2 Расчёт на прочность

Для того, чтобы винт крепления СМП удовлетворял условиям прочности, рассчитывают усилия прилагаемые на него смятия и среза.

Напряжение при срезе рассчитывается по формуле:

$$\tau_{ср} = \frac{P_0}{A_{ср}} \quad (19)$$

где $A_{ср}$ - площадь среза

$[\tau]_{ср}$ – для Стали 40 равно: $600 \text{ кгс/см}^2 = 58,84 \text{ Н/мм}^2$

$$A_{ср} = \pi R^2 \quad (20)$$

R- радиус в сечении среза

$$A_{ср} = 3,14 \cdot 2,5^2 = 19,6 \text{ мм}^2 \quad (21)$$

$$\tau = \frac{1056}{19,6} = 53,85 \text{ Н / мм}^2 \quad (22)$$

$\tau_{ср} < [\tau_{ср}]$ условие выполняется

Напряжение при смятии рассчитывается по формуле:

$$\delta_{см} = \frac{P_0}{A_{см}} \quad (22)$$

где: $A_{см}$ - площадь смятия

$\delta_{см}$ - для стали 40X равно: $2000 \text{ кгс/см}^2 = 196,133 \text{ Н/мм}^2$

Так как площадь смятия и площадь среза будут одинаковы, а так же на них действует одна и та же сила то:

$$\tau_{ср} = \delta_{см} = 19,6 \text{ Н / мм}^2$$

$\delta_{см} < [\delta_{см}]$ условие выполняется

3.2.8.3 Назначение посадок и отклонений на сопрягаемые части сборочной единицы

Для цилиндрического соединения позиция 1/2 (основание резца - ось) назначаем посадку Н7/м6. Соединение основания и оси резца должно быть подвижным и разъемным (переходная с преимущественным натягом). Шероховатость контактируемых поверхностей выбираем Ra 6,3мк. Для надежной работы детали 1/2 должны быть соосны по базе А, отклонения от соосности вызывают следующие причины: радиальное смещение основания

резца при сборке относительно державки. Чтобы ограничить радиальное смещение основания резца к оси, поле допуска центрирующей поверхности по ГОСТ 18512-73 задают м6.

Для соединений 2/3 (ось - державка) назначаем посадку H7/d11: где H7 - поле допуска отверстия (принято для удобства поворота оси в державке) ось и державка базируются в конусе по коническим поверхностям посадка с натягом осуществляется путем затяжки гайки 10 на оси резца, d11 - поле допуска крышки (назначаем согласно ГОСТ 18511 – 73).

Для соединений 8/1 (СМП–основание резца) назначаем посадку (из числа рекомендуемых) H8/z8 - с натягом достаточным, чтобы не нарушалось положение СМП, во избежание угла режущей кромки.

Для соединения плоских элементов 1/4, 1/5 - (крышка – основание резца, заглушка – основание резца) назначаем посадку Js14/n6 . Так как детали 4,5 служат для закрытия датчика и проводов, и закрепляются болтами. При большом натяге усложняется сборка деталей, а при большом зазоре теряются эстетичный вид детали и никакими эксплуатационными достоинствами такая посадка не обладает.

3.3 Организационная часть

3.3.1 Расчёт количества основного оборудования на участке

Определяем общее количество станков на участке по формуле (23).

$$C_{\text{общ}} = \frac{T}{F_c \cdot K_z}, \quad (23)$$

где Т – трудоёмкость годового выпуска изделий, Т=815 н·ч;

F_c – действительный годовой фонд времени работы оборудования;

$F_c = 2030$ ч;

K_z – коэффициент загрузки, $K_z = 0,55$.

$$C_{\text{общ}} = \frac{815}{2030 \times 0,55} = 0,73 \text{ шт}$$

Соотношение между группами оборудования определяется по формуле (3.16).

$$D_i = \frac{T_{\text{шк}i}}{\sum T_{\text{шк}}} \cdot 100\%, \quad (24)$$

где $T_{\text{шк}i}$ – штучно-калькуляционное время, мин.

$$D_{005} = \frac{8,12}{48,86} \times 100\% = 16,62\%,$$

$$D_{010} = \frac{4,59}{48,86} \times 100\% = 9,48\%,$$

$$D_{015} = \frac{5,41}{48,86} \times 100\% = 11,07\%,$$

$$D_{020} = \frac{4,04}{48,86} \times 100\% = 8,27\%,$$

$$D_{025} = \frac{4,32}{48,86} \times 100\% = 8,84\%,$$

$$D_{030} = \frac{8,31}{48,86} \times 100\% = 17,01\%,$$

$$D_{035} = \frac{4,59}{48,86} \times 100\% = 9,48\%,$$

$$D_{040} = \frac{9,48}{48,86} \times 100\% = 19,40\%,$$

Определяем расчётное количество станков по формуле (25).

$$C_{pi} = \frac{C_{общ} \cdot D_i}{100\%}. \quad (25)$$

Расчётное количество станков для операции 005:

$$C_{p005} = \frac{0,73 \times 16,62}{100} = 0,12 \text{ шт}$$

Расчётное количество станков для операции 010:

$$C_{p010} = \frac{0,73 \times 9,48}{100} = 0,07 \text{ шт}$$

Расчётное количество станков для операции 015:

$$C_{p015} = \frac{0,73 \times 11,07}{100} = 0,08 \text{ шт}$$

Расчётное количество станков для операции 020:

$$C_{p020} = \frac{0,73 \times 8,27}{100} = 0,06 \text{ шт}$$

Расчётное количество станков для операции 025:

$$C_{p025} = \frac{0,73 \times 8,84}{100} = 0,065 \text{ шт}$$

Расчётное количество станков для операции 030:

$$C_{p030} = \frac{0,73 \times 17,01}{100} = 0,124 \text{ шт}$$

Расчётное количество станков для операции 035:

$$C_{p035} = \frac{0,73 \times 9,48}{100} = 0,07 \text{ шт}$$

Расчётное количество станков для операции 040:

$$C_{p040} = \frac{0,73 \times 19,40}{100} = 0,14 \text{ шт}$$

Принятое количество станков выбираем путём округления расчётного значения в большую сторону или в меньшую из условий единичного производства.

Принятое количество станков для операции 005:

$$C_{п005} = 1.$$

Принятое количество станков для операции 010:

$$C_{п010} = 1.$$

Принятое количество станков для операции 015:

$$C_{п015} = 1.$$

Принятое количество станков для операции 020:

$$C_{п020} = 1.$$

Принятое количество станков для операции 025:

$$C_{п025} = 1.$$

Принятое количество станков для операции 030:

$$C_{п030} = 1.$$

Принятое количество станков для операции 035:

$$C_{п035} = 1.$$

Принятое количество станков для операции 040:

$$C_{п040} = 1.$$

Для каждой операции коэффициент загрузки оборудования определяется по формуле (26).

$$K_{3i} = \frac{C_{pi}}{C_{\Pi i}} \cdot 100\% . \quad (26)$$

Коэффициент загрузки оборудования на операции 005:

$$K_{3005} = \frac{0,12}{1} \times 100 = 12\%.$$

Коэффициент загрузки оборудования на операции 010:

$$K_{3010} = \frac{0,07}{1} \times 100 = 7\%.$$

Коэффициент загрузки оборудования на операции 015:

$$K_{3015} = \frac{0,08}{1} \times 100 = 8\%.$$

Коэффициент загрузки оборудования на операции 020:

$$K_{3020} = \frac{0,06}{1} \times 100 = 6\%.$$

Коэффициент загрузки оборудования на операции 025:

$$K_{3025} = \frac{0,065}{1} \times 100 = 6,5\%.$$

Коэффициент загрузки оборудования на операции 030:

$$K_{3030} = \frac{0,124}{1} \times 100 = 12,4\%.$$

Коэффициент загрузки оборудования на операции 035:

$$K_{3035} = \frac{0,07}{1} \times 100 = 7\%.$$

Коэффициент загрузки оборудования на операции 040:

$$K_{3040} = \frac{0,14}{1} \times 100 = 14\%.$$

Средний коэффициент загрузки оборудования определяется по формуле (27).

$$K_{3cp} = \frac{\sum_{i=1}^m \cdot K_{3i}}{m} , \quad (27)$$

где m – количество операций (групп оборудования).

$$K_{3cp} = 9,12\%.$$

График загрузки оборудования представлен на рисунке 29.

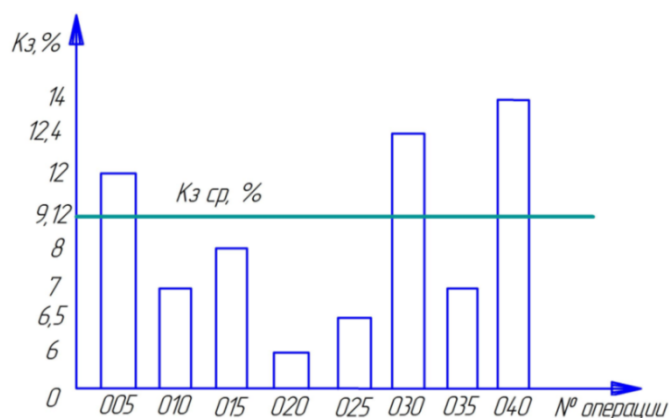


Рисунок 29 График загрузки оборудования

Определяем среднесуточный выпуск деталей по формуле (28).

$$q = \frac{N(1 + \frac{a}{100})}{\Phi_0} , \quad (28)$$

а – дополнительные потери на брак, 2-5%;

Φ_d – количество рабочих дней в году.

$$q = \frac{1000 \times (1 + \frac{2}{100})}{247} = 4,13.$$

Определяем суточную производительность на каждой операции по формуле (29).

$$P_i = \frac{8 \cdot 60}{T_{шткi}}. \quad (29)$$

Суточная производительность операции 005:

$$P_{005} = \frac{4 \times 60}{8,12} = 29,56 \text{ шт.}$$

Суточная производительность операции 010:

$$P_{010} = \frac{4 \times 60}{4,59} = 52,29 \text{ шт.}$$

Суточная производительность операции 015:

$$P_{015} = \frac{4 \times 60}{5,41} = 44,36 \text{ шт.}$$

Суточная производительность операции 020:

$$P_{020} = \frac{4 \times 60}{4,04} = 59,41 \text{ шт.}$$

Суточная производительность операции 025:

$$P_{025} = \frac{4 \times 60}{4,32} = 55,56 \text{ шт.}$$

Суточная производительность операции 030:

$$P_{030} = \frac{4 \times 60}{8,31} = 28,88 \text{ шт.}$$

Суточная производительность операции 035:

$$P_{035} = \frac{4 \times 60}{4,59} = 52,29 \text{ шт.}$$

Суточная производительность операции 040:

$$P_{040} = \frac{4 \times 60}{9,48} = 25,32 \text{ шт.}$$

График производительности представлен на рисунке 30.

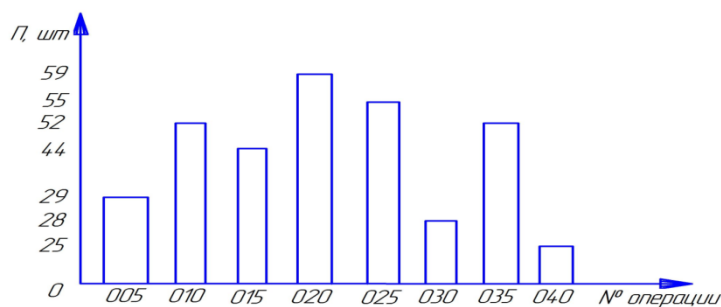


Рисунок 30 График производительности

Определяем максимально возможный период запуска по формуле (30).

$$Q_i = \frac{C_{шт} \cdot P_i}{q}, \quad (30)$$

где $C_{шт}$ – принятое количество станков.

$$Q_{005} = \frac{1 \times 29,56}{4,13} = 7,16.$$

$$Q_{010} = \frac{1 \times 52,29}{4,13} = 12,66.$$

$$Q_{015} = \frac{1 \times 44,36}{4,13} = 10,74.$$

$$Q_{020} = \frac{1 \times 59,41}{4,13} = 14,38.$$

$$Q_{025} = \frac{1 \times 55,56}{4,13} = 13,45.$$

$$Q_{030} = \frac{1 \times 28,88}{4,13} = 6,99.$$

$$Q_{035} = \frac{1 \times 52,29}{4,13} = 12,66.$$

$$Q_{040} = \frac{1 \times 25,32}{4,13} = 6,13.$$

$$Q = Q_{\min} = 2,67.$$

Определяем размер партии запуска по формуле (31).

$$n = \frac{N \cdot Q}{\Phi_o}, \quad (31)$$

$$n = \frac{1000 \times 3}{247} = 12 \text{ шт.}$$

Данный параметр является исходными данными для службы обеспечения участка инструментом, заготовками, материалом и т.д. При этом, исходя, из n рассчитывается количество запасов на участке, для обеспечения его бесперебойной работы, т.к. излишки неблагоприятно сказываются на работе складской системы, а дефицит ведет к простою и неполной загрузки участка.

Длительности технологического цикла для каждой операции определяется по формуле (32).

$$T_{ци} = \frac{n \cdot t_{umki}}{C_{\Pi i}} \text{ мин.} \quad (32)$$

Определяем длительность технологического цикла для операции 005:

$$T_{ц005} = \frac{12 \times 8,12}{1} = 97,44 \text{ мин.}$$

Определяем длительность технологического цикла для операции 010:

$$T_{ц010} = \frac{12 \times 4,59}{1} = 55,08 \text{ мин.}$$

Определяем длительность технологического цикла для операции 015:

$$T_{ц015} = \frac{12 \times 5,41}{1} = 64,92 \text{ мин.}$$

Определяем длительность технологического цикла для операции 020:

$$T_{ц020} = \frac{12 \times 4,04}{1} = 48,48 \text{ мин.}$$

Определяем длительность технологического цикла для операции 025:

$$T_{ц025} = \frac{12 \times 4,32}{1} = 51,84 \text{ мин.}$$

Определяем длительность технологического цикла для операции 030:

$$T_{ц030} = \frac{12 \times 8,31}{1} = 99,72 \text{ мин.}$$

Определяем длительность технологического цикла для операции 035:

$$T_{ц035} = \frac{12 \times 4,59}{1} = 55,08 \text{ мин.}$$

Определяем длительность технологического цикла для операции 040:

$$T_{ц040} = \frac{12 \times 9,48}{1} = 113,76 \text{ мин.}$$

Определяем длительность технологических циклов при последовательном сочетании операций по формуле (33).

$$T_{цпол} = \sum_{i=1}^m T_{ци} . \quad (33)$$

$$T_{цпол} = 97,44 + 55,08 + 64,92 + 48,48 + 51,84 + 99,72 + 55,08 + 113,76 = 586,32 \text{ мин.}$$

График технологических циклов при последовательном сочетании операций представлен на рисунке 31.

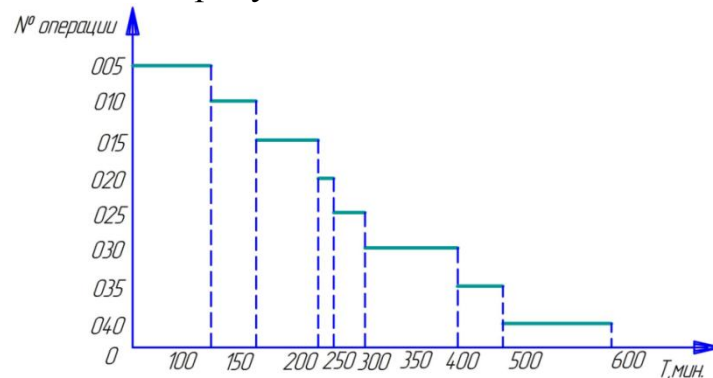


Рисунок 31 График технологических циклов при последовательном сочетании операций

3.3.2 Расчет численности рабочих

Рабочими основного производства на механическом участке считаются станочники и другие рабочие, занятые выполнением операций основного техпроцесса. В общем виде число основных производственных рабочих, на одну смену определяется по формуле (34).

$$P = \frac{N \sum T_{ум.-к.и}}{60 \cdot F_{оп} \cdot K_M}, \quad (34)$$

K_M – коэффициент многостаночного обслуживания, $K_M = 1,1$ (для мелкосерийного производства).

$$P = \frac{1000 \times 48,84}{60 \times 1820 \times 1,1} = 0,41 \text{ чел.}$$

Принимаем $P = 1$.

Количество вспомогательных рабочих определяется по нормативам, в зависимости от площади участка, количества работающих, и т.д. Для спроектированного участка количество вспомогательных рабочих: мастеров – 1 человек в смену. Общая численность основных рабочих в смену – $P_{ст} = 1$ человека, вспомогательных $P_B = 1$ человек. Всего работающих на участке $P_0 = 2$ человека.

4 РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОВЕДЁННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Студент гр. 10А21

(Подпись)

Г.С.Бровкин

(Дата)

Руководитель
ассистент кафедры ТМС

(Подпись)

А.В.Филиппов

(Дата)

Нормоконтроль
к. т. н., доцент кафедры ТМС

(Подпись)

А. А. Ласуков

(Дата)

4.1 Результаты определения вибро скоростей при точении нежестких валов безвершинными резцами

4.1.1 Обратная схема резания

На рисунке 32 приведены характерные результаты экспериментального определения вибро ускорений при точении нежестких валов с разным соотношением длины вала к его диаметру, полученные при точении по обратной схеме безвершинного точения.

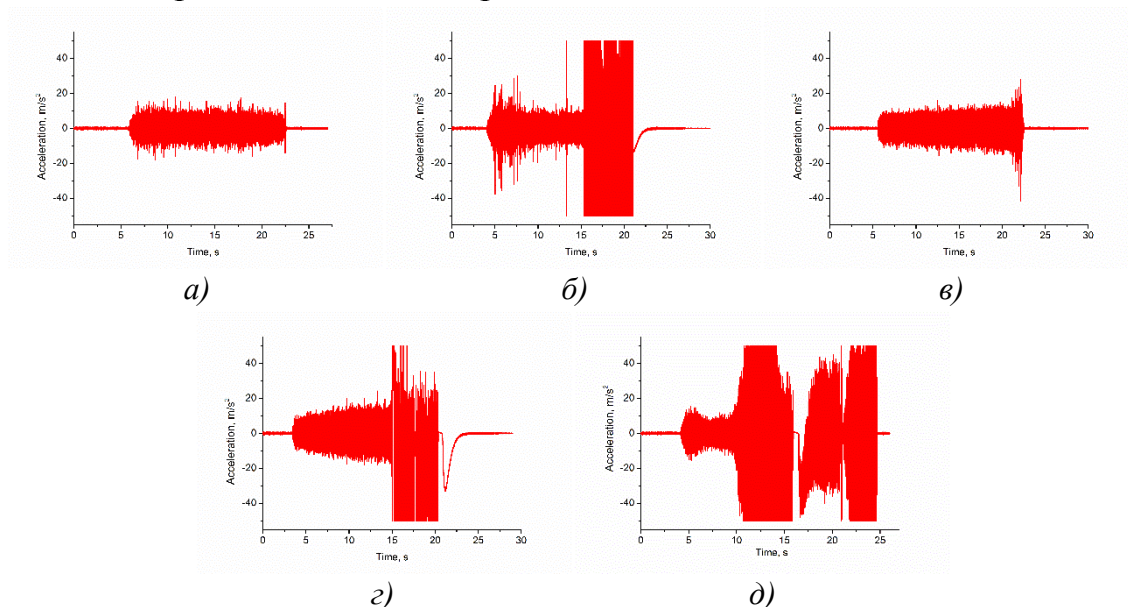


Рисунок 32 Вибро ускорения при точении нежестких валов с соотношением L/D : а) 18, б) 15, в) 12, г) 11, д) 10

На рисунке 33 приведены изменение значений набегающей среднеквадратичного значения вибро ускорений при точении нежестких валов с разным соотношением длины вала к его диаметру, полученные при точении по обратной схеме безвершинного точения.

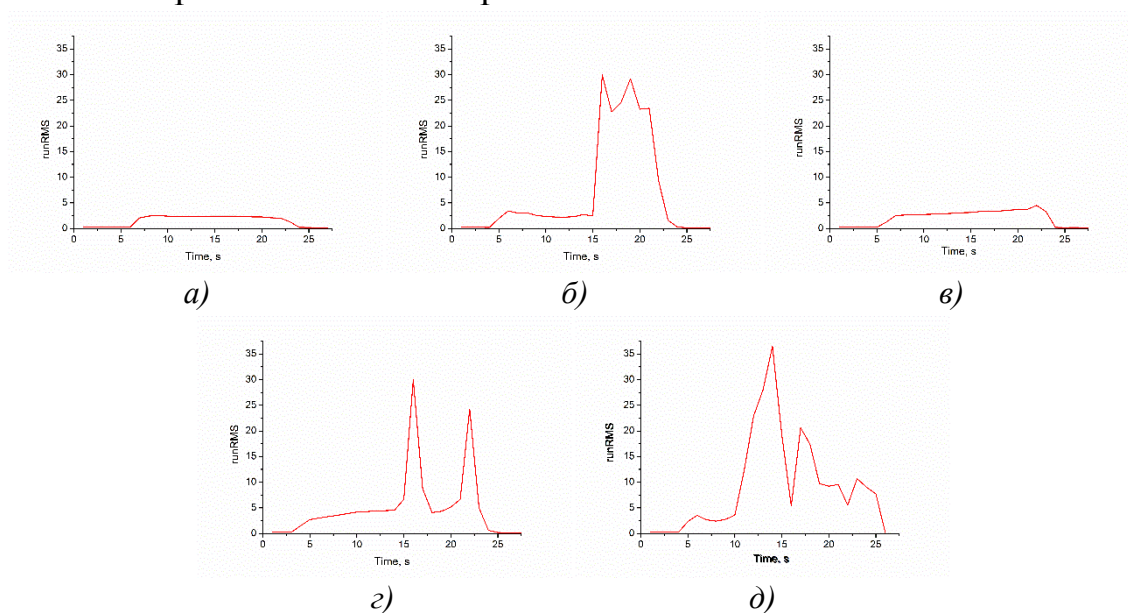


Рисунок 33 Набегающая среднеквадратичного значения вибро ускорений при точении нежестких валов с соотношением L/D : а) 18, б) 15, в) 12, г) 11, д) 10

4.1.2 Прямая схема резания

На рисунке 34 приведены характерные результаты экспериментального определения вибро ускорений при точении нежестких валов с разным соотношением длины вала к его диаметру, полученные при точении по прямой схеме безвершинного точения.

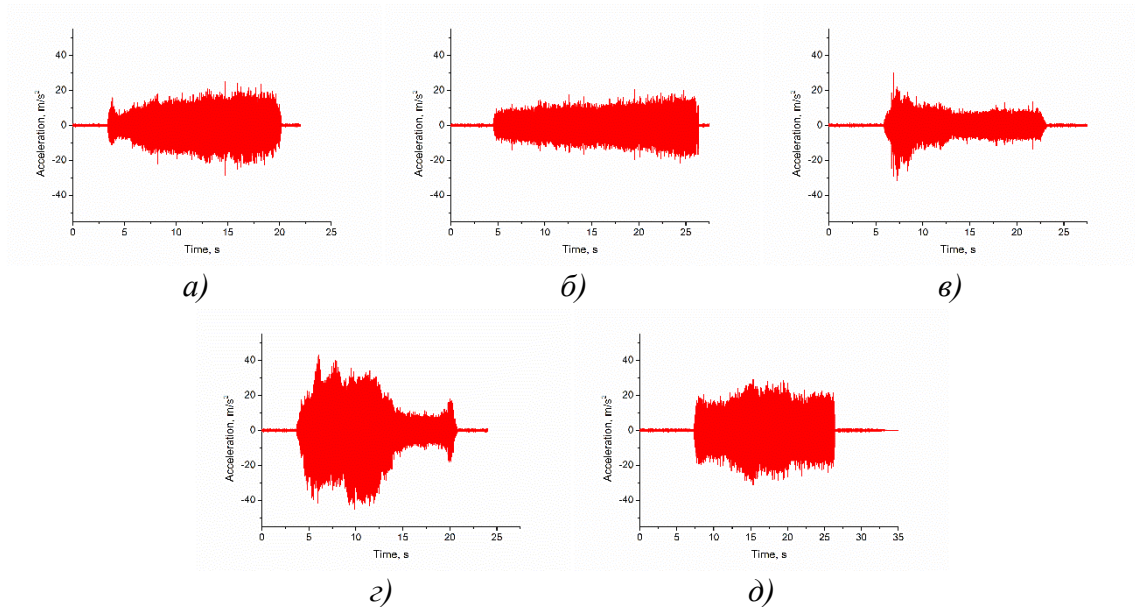


Рисунок 34 Вибро ускорения при точении нежестких валов с соотношением L/D : а) 18, б) 15, в) 12, г) 11, д) 10

На рисунке 35 приведены изменения значений набегающей среднеквадратичного значения вибро ускорений при точении нежестких валов с разным соотношением длины вала к его диаметру, полученные при точении по прямой схеме безвершинного точения.

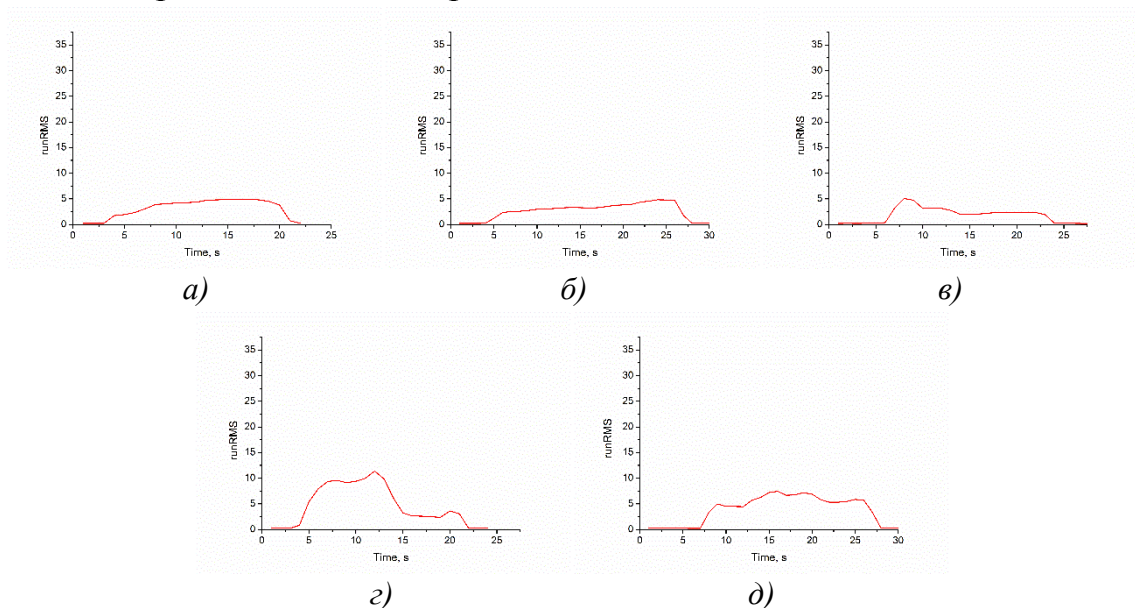


Рисунок 35 Набегающая среднеквадратичного значения вибро ускорений при точении нежестких валов с соотношением L/D : а) 18, б) 15, в) 12, г) 11, д) 10

4.2 Результаты определения технологических составляющих силы резания при точении нежестких валов безвершинными резцами

4.2.1 Обратная схема резания

На рисунке 36 приведены значения технологической составляющей P_z силы резания при точении нежестких валов с разным соотношением длины вала к его диаметру, полученные при точении по обратной схеме безвершинного точения.

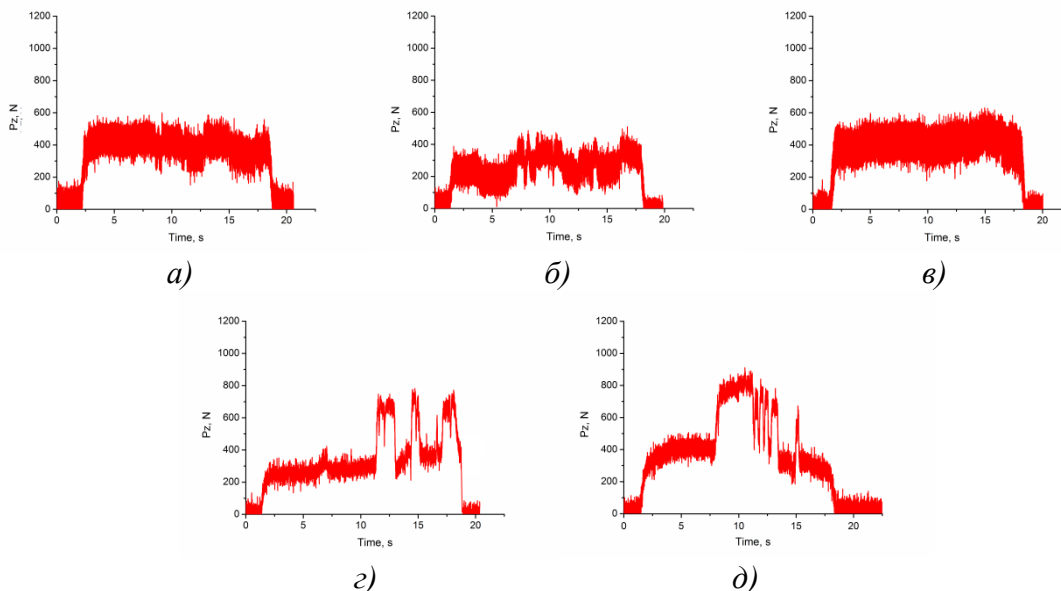


Рисунок 36 Составляющая P_z технологической силы резания при точении нежестких валов с соотношением L/D : а) 18, б) 15, в) 12, г) 11, д) 10

На рисунке 37 приведены значения технологической составляющей P_y силы резания при точении нежестких валов с разным соотношением длины вала к его диаметру, полученные при точении по обратной схеме безвершинного точения.

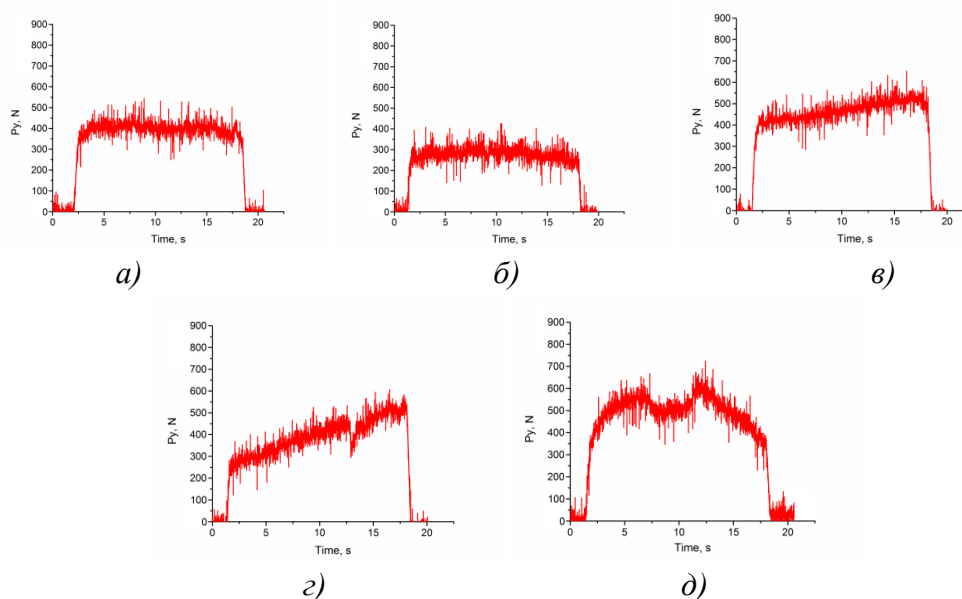


Рисунок 37 Составляющая P_y технологической силы резания при точении нежестких валов с соотношением L/D : а) 18, б) 15, в) 12, г) 11, д) 10

На рисунке 38 приведены значения технологической составляющей P_x силы резания при точении нежестких валов с разным соотношением длины вала к его диаметру, полученные при точении по обратной схеме безвершинного точения.

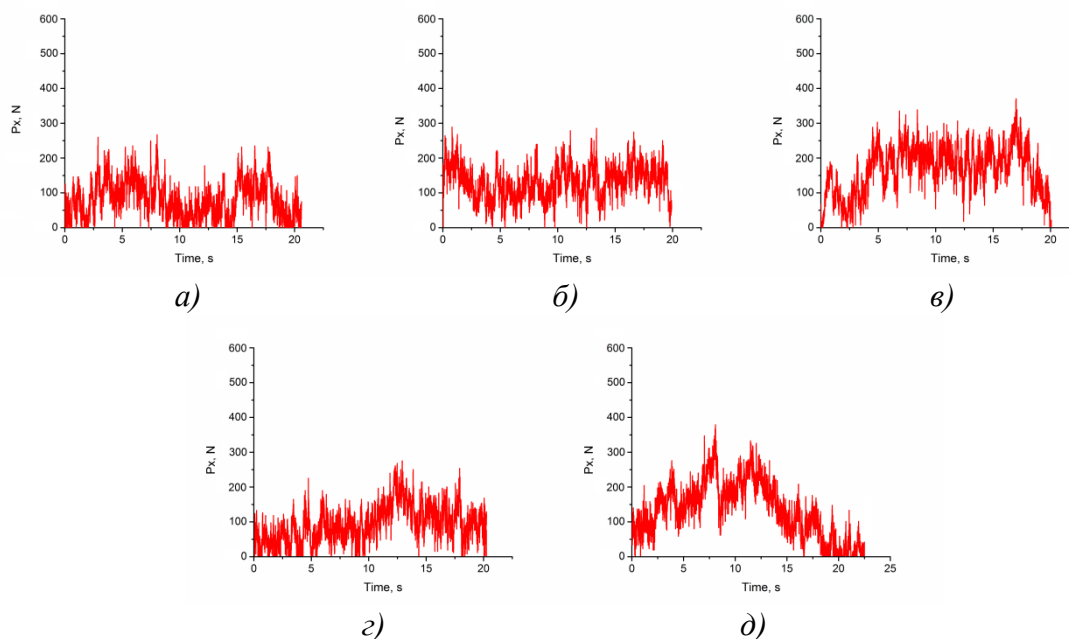


Рисунок 38 Составляющая P_x технологической силы резания при точении нежестких валов с соотношением L/D : а) 18, б) 15, в) 12, г) 11, д) 10

4.2.2. Прямая схема резания

На рисунке 39 приведены значения технологической составляющей P_z силы резания при точении нежестких валов с разным соотношением длины вала к его диаметру, полученные при точении по прямой схеме безвершинного точения.

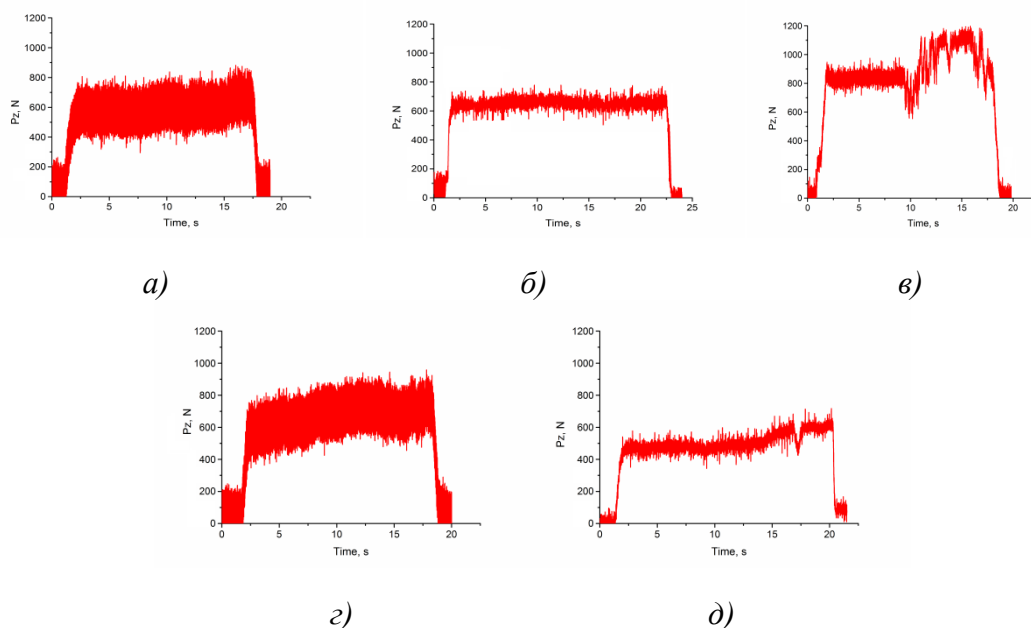


Рисунок 39 Составляющая P_z технологической силы резания при точении нежестких валов с соотношением L/D : а) 18, б) 15, в) 12, г) 11, д) 10

На рисунке 40 приведены значения технологической составляющей P_y силы резания при точении нежестких валов с разным соотношением длины вала к его диаметру, полученные при точении по прямой схеме безвершинного точения.

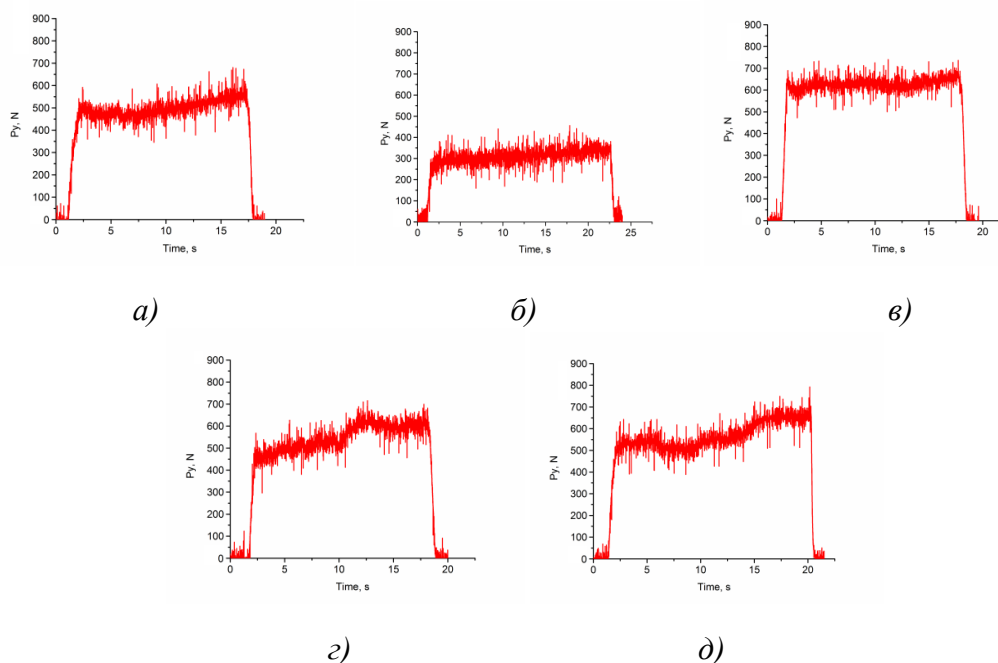


Рисунок 40 Составляющая P_y технологической силы резания при точении нежестких валов с соотношением L/D : а) 18, б) 15, в) 12, г) 11, д) 10

На рисунке 41 приведены значения технологической составляющей P_x силы резания при точении нежестких валов с разным соотношением длины вала к его диаметру, полученные при точении по прямой схеме безвершинного точения.

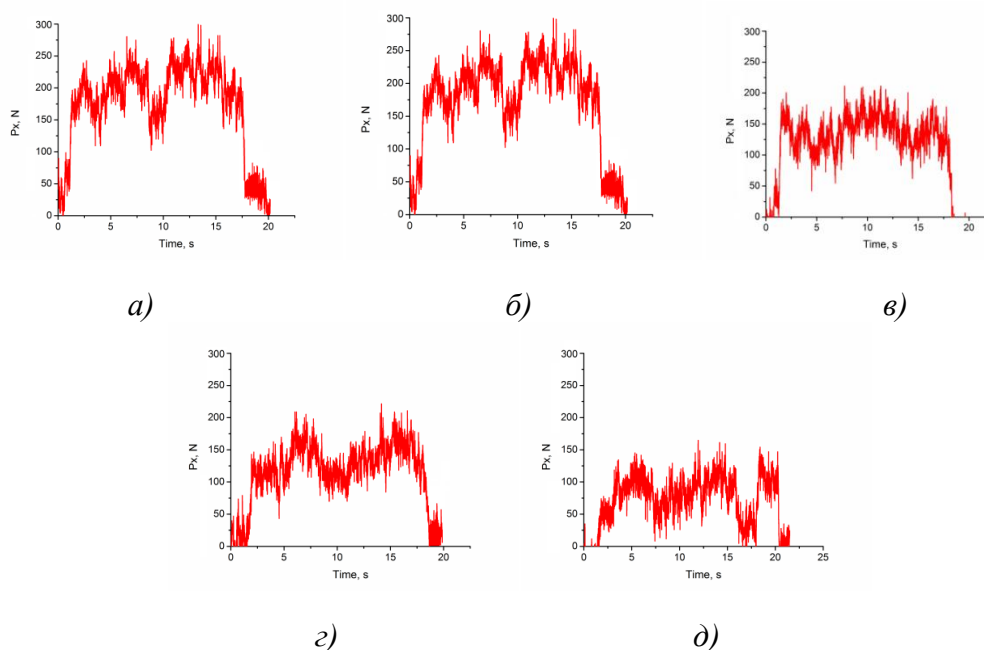


Рисунок 41 Составляющая P_x технологической силы резания при точении нежестких валов с соотношением L/D : а) 18, б) 15, в) 12, г) 11, д) 10

4.3 Результаты определения сигналов акустической эмиссии при точении нежестких валов безвершинными резцами

4.3.1 Обратная схема резания

На рисунке 42 приведены значения огибающей сигнала акустической эмиссии при точении нежестких валов с разным соотношением длины вала к его диаметру, полученные при точении по обратной схеме безвершинного точения.

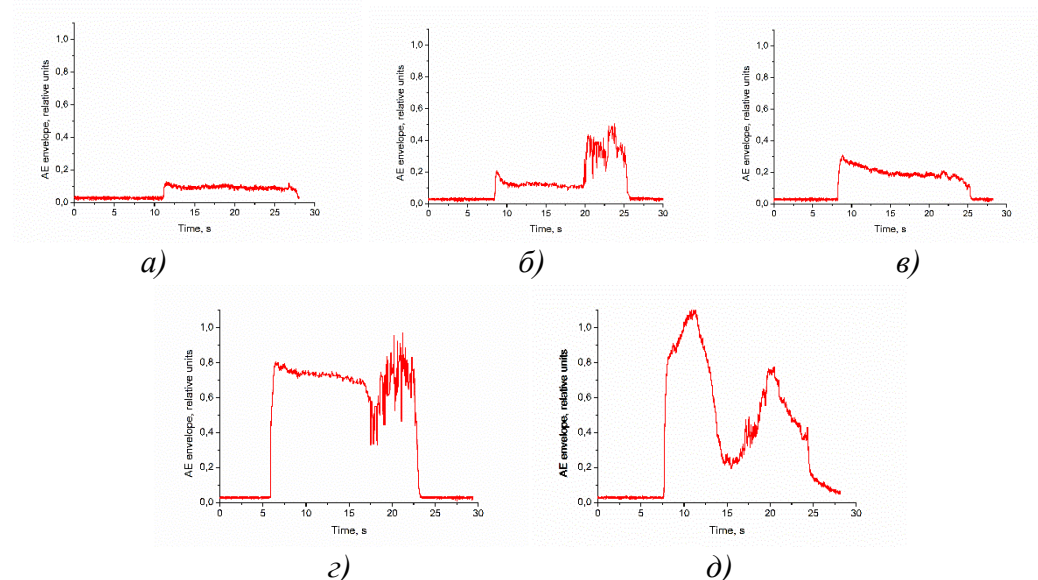


Рисунок 42 Огибающая сигнала акустической эмиссии при точении нежестких валов с соотношением L/D : а) 18, б) 15, в) 12, г) 11, д) 10

4.3.2 Прямая схема резания

На рисунке 43 приведены значения огибающей сигнала акустической эмиссии при точении нежестких валов с разным соотношением длины вала к его диаметру, полученные при точении по прямой схеме.

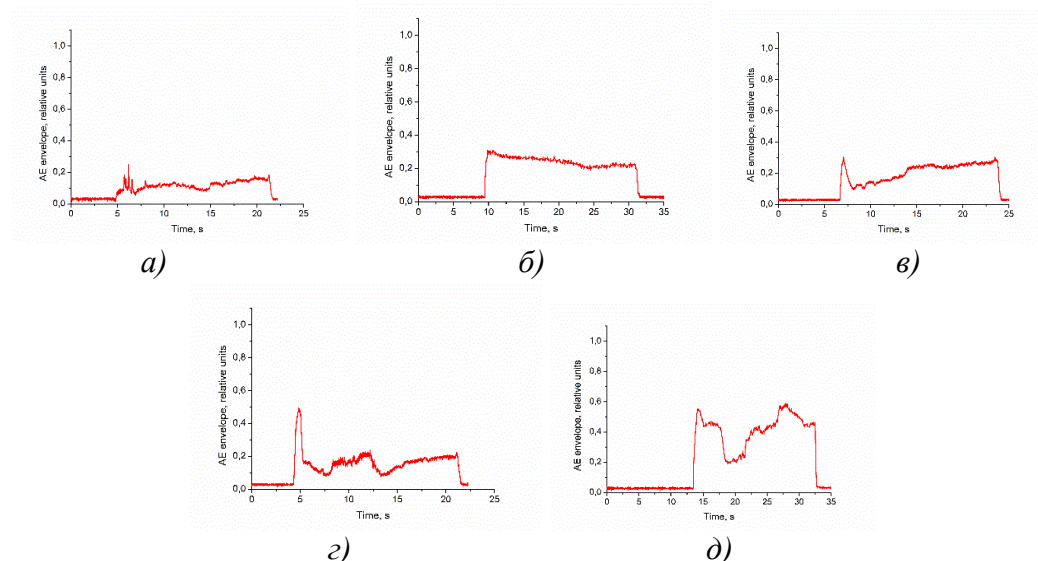


Рисунок 43 Огибающая сигнала акустической эмиссии при точении нежестких валов с соотношением L/D : а) 18, б) 15, в) 12, г) 11, д) 10

4.4 Выводы

1 В ходе выполнения ВКР были получены сведения о сигналах акустической эмиссии, вибрации и технологических составляющих силы резания в условиях безвершинного точения нежестких валов.

2 Полученные результаты свидетельствуют о том, что сигналы акустической эмиссии достаточно хорошо повторяют картину изменения виброускорений. Т.е. за изменением характера кривой виброускорений следует изменение характера кривой огибающей сигнала акустической эмиссии.

3 По результатам выполненных исследований можно предположить, что применение динамометра на тесно датчиках является нецелесообразным с точки зрения использования данного инструмента в вибродиагностике. Причиной тому является высокая инертность тензо датчиков.

5 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Студент гр. 10A21

(Подпись)

Г.С.Бровкин

(Дата)

Руководитель
Ассистент
кафедры ЭиАСУ

(Подпись)

Д.Н. Нестерук

(Дата)

Нормоконтроль
к. т. н., доцент
кафедры ТМС

(Подпись)

А. А. Ласуков

(Дата)

5.1 Стоимость технологического оборудования

Стоимость технологического оборудования в рублях представляет собой сумму произведения количества оборудования и его цены по всем операциям технологического процесса и определяется по формуле (35).

$$K_{mo} = \sum_{i=1}^m Q_i \cdot C_i, \quad (35)$$

где m – количество операций технологического процесса изготовления изделий;

Q_i – принятое количество единиц оборудования, занятого выполнением i -ой операции, шт.;

C_i – балансовая стоимость единицы оборудования, занятого выполнением i -ой операции, руб.

Стоимость технологического оборудования представлена в таблице 15

Таблица 15 – Стоимость технологического оборудования.

№ операции	Модель станка	C_i , руб	Q_i , шт	K_{mo} , руб
005, 010	Токарный станок 16K20	1199000	1	1199000
015, 035	Вертикально-фрезерный станок 6P11	120000	1	120000
020, 025	Радиально-сверлильный станок AC2550	1798000	1	1798000
030, 040	DMC 635 VECOLINE	4000000	1	4000000
Всего:				7117000

5.1.1 Стоимость вспомогательного оборудования

Стоимость вспомогательного оборудования определим приближенно – 30% от стоимости технологического оборудования и определяется по формуле (36).

$$K_{во} = K_{mo} \times 0,30 = 7117000 \times 0,30 = 2135100 \text{ руб.} \quad (36)$$

5.1.2 Стоимость инструментов, приспособлений и инвентаря

Стоимость инструментов и инвентаря по предприятию может быть установлена приближенно в размере 10-15% от стоимости технологического оборудования и определяется по формуле (37).

$$K_{ин} = K_{mo} \times 0,15 = 7117000 \times 0,15 = 1067550 \text{ руб.} \quad (37)$$

5.1.3 Стоимость эксплуатируемых помещений

Стоимость эксплуатационных помещений при собственных помещениях определяется по формуле (38).

$$C_n' = (S_{nn} \cdot A_{nn} + S_{cn} \cdot A_{cn}) \cdot T = (50 \cdot 400 + 10 \cdot 400) \cdot 12 = 288000 \text{ руб.}, \quad (38)$$

где S_{nn} , S_{cn} – соответственно производственная и складская площадь,
 $S_{nn} = 50 \text{ м}^2$, $S_{cn} = 10 \text{ м}^2$;

A_{nn} , A_{cn} – арендная плата 1 м^2 за месяц, $A_{nn} = A_{cn} = 400 \text{ руб/м}^2$;

T – отчетный период, $T=12 \text{ мес.}$

5.1.4 Стоимость оборотных средств

Стоимость оборотных средств в производственных запасах, сырье и материалах определяется по формуле (39).

$$K_{нзм} = \frac{H_m \cdot N \cdot \Pi_m}{360} \cdot T_{обм}, \quad (39)$$

где H_m – норма расхода материала, $H_m = 0,226 \text{ кг/ед}$;

Π_m – цена материала, $\Pi_m = 32 \text{ руб./кг}$;

$T_{обм}$ – продолжительность оборота запаса материалов (квартал, полугодие, определенный период) в днях.

$$K_{нзм} = \frac{0,226 \times 1000 \times 32}{360} \times 90 = 1808 \text{ руб.} \quad (40)$$

5.1.5 Оборотные средства в незавершенном производстве

Стоимость незавершенного производства определяется по формуле (41).

$$K_{нзн} = \frac{N \cdot T_{ц} \cdot C' \cdot k_z}{360}, \quad (41)$$

где $T_{ц}$ – длительность производственного цикла, $T_{ц} = 1,9 \text{ дни}$;

C' – себестоимость единицы готовой продукции на стадии предварительных расчетов, руб.;

k_z – коэффициент готовности.

Себестоимость единицы готовой продукции на стадии предварительных расчетов определяется по формуле (42).

$$C' = \frac{H_m \times \Pi_m}{k_m} = \frac{0,226 \times 32}{0,8} = 9,04 \text{ руб.}, \quad (42)$$

где k_m – коэффициент, учитывающий удельный вес стоимости основных материалов в себестоимости изделия ($k_m=0,8 \div 0,85$).

Коэффициент готовности определяется по формуле (43).

$$k_z = (k_m + 1) \cdot 0,5 = (0,8 + 1) \cdot 0,5 = 0,9, \quad (43)$$

$$K_{нзн} = \frac{1000 \times 1,9 \times 9,04 \times 0,9}{360} = 42,94 \text{ руб}$$

5.1.6 Оборотные средства в запасах готовой продукции

Стоимость запаса готовой продукции определяется по формуле (44).

$$K_{zn} = \frac{C' \cdot N}{360} \cdot T_{zn}, \quad (44)$$

где T_{zn} – продолжительность оборота готовой продукции на складе в днях.

5.1.7 Оборотные средства в дебиторской задолженности

Дебиторская задолженность определяется по формуле (45).

$$K_{дз} = \frac{B_{рп}}{360} \times T_{дз} = \frac{10396}{360} \times 7 = 202,15 \text{ руб.} \quad (45)$$

где $B_{рп}$ – выручка от реализации продукции на стадии предварительных расчетов, руб.;

$T_{дз}$ – продолжительность дебиторской задолженности, $T_{дз} = 7 - 40$ дней.

Выручка от реализации продукции на стадии предварительных расчетов определяется по формуле (46).

$$B_{рп} = 9,04 \times 1000 \times \left(1 + \frac{15}{100}\right) = 10396 \text{ руб.} \quad (46)$$

где p – рентабельность продукции, $p=15 - 20\%$.

5.1.8 Денежные оборотные средства

Денежные средства на текущие расходы определяются по формуле (5.12).

$$C_{обс} = K_{нзм} \times 0,10 = 1808 \times 0,10 = 180,8 \text{ руб.} \quad (47)$$

5.2 Определение сметы затрат на производство и реализацию продукции

5.2.1 Основные материалы за вычетом реализуемых отходов

Затраты на основные материалы определяют по формуле (48).

$$C_m = N \cdot (C_m \cdot H_m \cdot K_{мзр} - C_o \cdot H_o), \quad (48)$$

где $K_{мзр}$ – коэффициент транспортно - заготовительных расходов

$$K_{мзр} = 1,04;$$

C_o – цена возвратных отходов, $C_o = 7,5 \text{ руб/кг}$;

H_o – норма возвратных отходов, $H_o = 0,444 \text{ кг}$.

$$C_m = 1000 \times (32 \times 0,226 \times 1,04 - 7,5 \times 0,444) = 4191,28 \text{ руб.}$$

5.2.2 Затраты на основные материалы

Затраты на основные материалы представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Затраты на основные материалы.

№ детали	Затраты на материалы, руб.	Возвратные отходы, руб	C_m , руб
ФЮРА.А21080.011	222,08	3330	4191,28
Всего:			4191,28

5.2.3 Расчет заработной платы производственных работников

Расчет заработной платы производственных работников в рублях определяется по формуле (49).

$$C_{zo} = \sum_{i=1}^m \frac{t_{umi} \cdot C_{часj}}{60} \cdot k_n \cdot k_p \cdot N, \quad (49)$$

где m – количество операций технологического процесс;

t_{umi} – норма времени на выполнение i -ой операции, мин/ед;

$C_{часj}$ – часовая ставка j -го разряда, руб./час;

k_n – коэффициент, учитывающий премии и доплаты, $k_n = 1,5$;

k_p – районный коэффициент, $k_p = 1,3$.

Расчет заработной платы производственных рабочих представлен в таблице 17.

Таблица 17 – Расчет заработной платы производственных рабочих.

Профессия рабочего	t_{umi} , мин	Разряд	Количество	$C_{часj}$ руб.	C_{zo} , руб
Операторстанков с ЧПУ	16,34	4	1	53,30	28305
Токарь	10,93	4	1	53,30	18934
Фрезеровщик	8,44	4	1	53,30	14620
Сверловщик	7,02	4	1	53,30	12161
Фонд заработной платы всех рабочих					74020

5.2.4 Отчисления на социальные нужды по заработной плате основных производственных рабочих

Отчисления на социальные нужды определяются по формуле (50).

$$C_{осо} = C_{zo} \times (\alpha_1 + \alpha_2) = 74020 \times (0,3 + 0,2) = 37010 \text{ руб.}, \quad (50)$$

где α_1 – обязательные социальные отчисления, $\alpha_1 = 0,3$ руб/год;

α_2 – социально страхование по профессиональным заболеваниям и несчастным случаям, $\alpha_2 = 0,2$

5.2.5 Расчет амортизации основных фондов

Годовую норму амортизации каждого оборудования в рублях определяем по формуле (52).

$$a_{ni} = \frac{1}{T_o} \cdot 100\%, \quad (52)$$

где T_o – срок службы оборудования, $T_o = 3 - 12$ лет,

$$a_{n1} = \frac{1}{8} \cdot 100\% = 12,5\%.$$

Расчет амортизационных отчислений, приходящихся на один час работы оборудования определяем по формуле (53).

$$A_{ч} = \sum_{i=1}^n \frac{C_i \cdot a_{ni}}{F_o \cdot K_{epi}}, \quad (53)$$

где n – количество оборудования, шт;

K_{epi} – коэффициент загрузки i -го оборудования по времени;

Расчет амортизационных отчислений представлен в таблице 18.

Таблица 18 – Расчет амортизационных отчислений.

№ операции	C , руб.	a_n , %	F_o , ч	$A_{ч}$, руб
005, 010	1199000	12,5	1975	1018,6
015,035	120000	12,5		101,9
020, 025	1798000	12,5		1527,5
030, 040	4000000	12,5		3398,2
Амортизационные отчисления для всех станков				6046,2

Амортизационные отчисления эксплуатируемых площадей, включены в стоимость арендной платы.

5.2.6 Отчисления в ремонтный фонд

Отчисления в ремонтный фонд определяем по формуле (54).

$$C_p = (K_{то} + K_{во}) \cdot k_{рем} + C_n \cdot k_{з.рем}, \quad (54)$$

где $k_{рем}$, $k_{з.рем}$ – коэффициенты, учитывающие отчисления в ремонтный фонд.

$$C_p = (7117000 + 2135100) \times 0,02 + 288000 \times 0,05 = 9252100 \text{ руб.}$$

5.2.7 Затраты на вспомогательные материалы на содержание оборудования

5.2.7.1 Затраты на СОЖ определяются

Затраты на СОЖ определяются по формуле (55).

$$C_{сож} = n \times N \times g_{ох} \times \varphi_{ох} = 4 \times 1000 \times 0,03 \times 152 = 18240 \text{ руб.} \quad (55)$$

где $g_{ох}$ – средний расход охлаждающей жидкости для одного станка

$$g_{ох} = 0,03 \text{ кг/дет};$$

$$\varphi_{ох} – \text{средняя стоимость охлаждающей жидкости, } \varphi_{ох} = 152 \text{ руб/кг.}$$

5.2.8 Затраты на силовую электроэнергию

Расчёт затрат на электроэнергию в рублях определяют по формуле (56).

$$C_{чэ} = \sum_{i=1}^m N_{yi} \cdot F_{\partial} \cdot K_N \cdot K_{\partial p} \cdot K_{од} \cdot \frac{K_{\omega}}{\eta} \cdot Ц_{э}, \quad (56)$$

где N_{yi} – установленная мощность электродвигателей оборудования, занятого выполнением i -ой операции, кВт;

K_N , $K_{\partial p}$ – средние коэффициенты загрузки электродвигателя по мощности и времени, принимаем $K_N = 0,5$; $K_{\partial p} = 0,3$;

$K_{од}$ – средний коэффициент одновременной работы всех электродвигателей, $K_{од} = 0,7$;

K_{ω} – коэффициент, учитывающий потери электроэнергии в сети завода, принимаем $K_{\omega} = 1,06$;

η – КПД оборудования, принимаем $\eta = 0,7$;

$Ц_{э}$ – 3,97 руб. (средняя стоимость электроэнергии по данным городской электросети).

Затраты на электроэнергию представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Затраты на электроэнергию.

№ операции	N_{yi} , кВт	$C_{чэ}$, руб
1	2	3
005	2,3	2840,32
010	2,3	2840,32
015	3,6	4445,71
020	1,3	1605,41
025	4,3	5310,25
030	3,6	4445,71
035	4,5	5557,14
040	1,2	1481,90
Затраты на электроэнергию для всех операций		28536,76

5.2.9 Затраты на инструменты, приспособления и инвентарь

Стоимость инструментов и инвентаря по предприятию установлена приближенно, поэтому их учтем как плановый показатель $K_{ин} = 1067550$ руб. и включим в себестоимость произведенной продукции.

5.2.10 Расчет заработной платы вспомогательных рабочих

Заработная плата вспомогательных рабочих определяется по формуле (57).

$$C_{звр} = \sum_{j=1}^k C_{змj} \cdot Ч_{врj} \cdot 12 \cdot k_{nj} \cdot k_{pj} = 4574,24 \cdot 1 \cdot 12 \cdot 1,25 \cdot 1,3 = 89197,68 \text{ руб.}, \quad (57)$$

где k – количество вспомогательных рабочих, $k = 1$ чел.;

$Ч_{врj}$ – численность рабочих по соответствующей профессии,
 $Ч_{врj} = 1$ чел.;

$C_{змj}$ – месячная тарифная ставка рабочего соответствующего разряда,
 $C_{змj} = 4574,24$ руб.;

k_{nj} – коэффициент, учитывающий премии и доплат для
 вспомогательных рабочих, $k_{nj} = 1,25$;

k_{pj} – районный коэффициент, $k_{pj} = 1,3$.

Отчисления на социальные цели вспомогательных рабочих
 определяются по формуле (58).

$$C_{овр} = C_{звр} \cdot 0,3 = 89197,68 \cdot 0,3 = 26759,3 \text{ руб.} \quad (58)$$

где $C_{овр}$ – сумма отчислений за год, руб./год.

5.2.11 Заработная плата административно – управленческого персонала

Заработная плата административно – управленческого персонала
 определяется по формуле (5.23).

$$C_{зауп} = \sum_{j=1}^k C_{заупj} \cdot Ч_{аупj} \cdot 12 \cdot k_{pj} \cdot k_{ндj} =$$

$$= 6500 \cdot 2 \cdot 12 \cdot 1,3 \cdot 1,58 = 320424 \text{ руб.} \quad (59)$$

где $C_{заупj}$ – месячный оклад работника административно–
 управленческого персонала, $C_{заупj} = 6500$ руб.;

$Ч_{аупj}$ – численность работников административно-управленческого
 персонала должности, $Ч_{аупj} = 2$ чел.;

$k_{ндj}$ – коэффициент, учитывающий премии и доплаты
 административно – управленческого персонала, $k_{ндj} = 1,58$.

5.2.12 Сумма затрат

Сумма затрат определяем по формуле (60):

$$C_{затр} = ПЗ + КЗ = 19848,3 + 209141,2 = 228989,5 \text{ руб.}, \quad (60)$$

где $ПЗ$ – прямые затраты единицы продукции, руб.

5.3 Экономическое обоснование технологического проекта

Смета затрат по экономическим элементам представлена в
 таблице 20.

Таблица 20 – Смета затрат по экономическим элементам.

Затраты	Сумма, руб./ед	Сумма, руб./год
1	2	3
Прямые затраты:		
основные материалы за вычетом реализуемых отходов	4,28	4191,28
заработная плата производственных рабочих	74,02	74020
отчисления на социальные нужды по зарплате производственных рабочих	79,25	79250
Косвенные затраты:		
амортизация оборудования предприятия	6,05	6046,2
арендная плата или амортизация эксплуатируемых помещений	288	288000
отчисления в ремонтный фонд	9252,1	9252100
вспомогательные материалы на содержание оборудования	27,4	27360
затраты на силовую электроэнергию	28,54	28536,76
заработная плата вспомогательных рабочих	89,28	89197
отчисление на социальные цели вспомогательных рабочих	26,8	26759
заработная плата административно-управленческого персонала	320,4	320424
отчисление на социальные цели административно-управленческого персонала	26,8	26759,3
Итого (себестоимость), руб.	10194,14	10194135,32

При годовой программе выпуска (1000шт.) изделия основание резца для без вершинного точения ФЮРА.А21080.011 и разработанном производственном процессе себестоимость изделия составляет 942,04 руб. Выручка от реализации продукции составляет 1413060руб.Предполагаемая прибыль составит 471020руб.

6 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Студент гр. 10A21

(Подпись)

Г.С. Бровкин

(Дата)

Руководитель
д. т. н., профессор
кафедры БЖДЭиФВ

(Подпись)

В.А. Портола

(Дата)

Нормоконтроль
к. т. н., доцент кафедры ТМС

(Подпись)

А. А. Ласуков

(Дата)

6.1. Характеристика объекта исследования

Проведение экспериментального исследования характеризуется, как правило, наличием различных опасных и вредных факторов. В ходе проведения эксперимента ведется обработка распространенных конструкционных материалов таких как: Сталь ХВГ ГОСТ 5950-2000; Сталь 45 ГОСТ 1050-88. Данные материалы не имеют примесей опасных для здоровья человека. В основе эксперимента лежит токарная обработка. Данная операция характеризуется: малым тепловыделением и образованием элементной стружки. Поскольку экспериментальная установка имеет разборную конструкцию, узлы, которой не превышают ограничений по допустимой массе, следовательно, для транспортировки и подготовки эксперимента не требуется подъёмно-транспортное устройство.

6.2 Обеспечение требуемого освещения на рабочем месте

Производственное освещение предназначено для решения следующих вопросов: оно улучшает условия зрительной работы, снижает утомление, способствует повышению производительности труда и качества выпускаемой продукции. Благоприятно влияет на производственную среду, оказывая положительное психологическое воздействие на работающего; повышает безопасность труда и снижает травматизм на производстве.

К промышленному освещению предъявляются следующие требования:

- освещение на рабочем месте должно соответствовать зрительным условиям труда согласно строительным нормам СНиП 23–05–95;
- необходимо обеспечить достаточно равномерное распределение яркости на рабочей поверхности, а также в пределах окружающего пространства;
- в поле зрения должна отсутствовать прямая и отраженная блескость;
- величина освещенности должна быть постоянной во времени;
- осветительная установка не должна быть источником дополнительных опасностей и вредностей.

Существует три вида освещения: общее; местное; комбинированное.

В производственном помещении должно быть обеспечено естественное освещение. Световые проемы не допускаются загромождать оборудованием и следует очищать от пыли по мере загрязнения.

На данном участке используется комбинированное освещение, которое соответствует требованиям СНиП 23–05–95. Для освещения общего надзора за эксплуатацией оборудования применяются люминесцентные лампы СЗ–4ДРЛ. Для местного освещения люминесцентные лампы ЛД.

Расчет общего равномерного искусственного освещения рабочей поверхности выполняется методом коэффициента использования светового потока. Применяя этот метод, можно определить световой поток ламп, необходимый для создания заданной поверхности с учетом света, отраженного стеклами и потолком. Величина светового потока лампы определяется по формуле (61).

$$\Phi = \frac{E \cdot K \cdot S \cdot z}{n \cdot \eta} \text{ лм.} \quad (61)$$

где Φ – световой поток каждой из ламп, лм;

E – минимальная освещенность, лк;

K – коэффициент запаса;

S – площадь помещения, м²;

z – коэффициент неравномерности освещения;

n – число ламп в помещении;

η – коэффициент использования светового потока.

Величина освещенности E выбирается из таблицы 4.1 [12], исходя из следующих величин:

- характеристика зрительной работы: наивысшей точности;
- наименьший размер объекта различения: менее 0,15 мм;
- разряд зрительной работы: 1;
- под разряд зрительной работы: Б;
- контраст объекта с фоном: средний;
- характеристика фона: средний.

Следовательно, величина освещенности должна составлять 4500 лк – общего освещения.

По таблице 4.8 [12], для помещений со средним выделением пыли коэффициент запаса $K=1,5$.

Наименьшая высота подвеса светильников над полом находится по таблице 4.7 [12]; для светильников ГС(Глубоко излучатель со средней концентрацией потока) в матированной колбе равна 2.5 м. Принимаем высоту подвеса светильников над полом равной 4 м. Следовательно, высота подвеса светильников над рабочей поверхностью составит:

$$h = 4 - 1 = 3 \text{ м.}$$

Расстояние между светильниками определяется по формуле (62).

$$L = \lambda \cdot h, \quad (62)$$

где L – расстояние между светильниками, м;

λ – наивыгоднейшее расположение светильников определяется по формуле (63).

h – высота подвеса светильника над рабочей поверхностью, м.

$$\lambda = \frac{L}{h}. \quad (63)$$

$$L = 1,6 \cdot 3 = 4,8 \text{ м.}$$

Наибольшая равномерность освещения имеет место при размещении светильников по углам прямоугольника. Расстояние от стен помещения до крайних светильников равно:

$$\frac{1}{3} \cdot L = \frac{1}{3} \cdot 4,8 = 1,6 \text{ м,}$$

$$24 - 2 \cdot 1,6 = 20,8 \text{ м,}$$

$$\frac{20,8}{4,8} = 4,3 \text{ м.}$$

Принимаем четыре светильника в продольном направлении и два в поперечном.

Количество светильников: $n=8$.

Для определения коэффициента использования светового потока определим индекс помещения по формуле (64).

$$I = \frac{S}{h \cdot (A + B)}, \quad (64)$$

где I – индекс помещения;

S – площадь помещения, м^2 ;

h – высота подвеса светильника над рабочей поверхностью, м,

A, B – стороны помещения, м.

$$I = \frac{216}{4.8 \cdot (24 + 9)} = 1,36.$$

Коэффициент использования светового потока $\eta=43\%$.

Коэффициент неравномерности освещения $z=1,6$.

$$\Phi = \frac{450 \cdot 1,5 \cdot 216 \cdot 1,6}{4.8 \cdot 0,43} = 113023,25, \text{ лм.}$$

Принимаем: 8 светильников ГС (Глубокоизлучатель со средней концентрацией потока) в матированной колбе 1500 Вт ($\Phi=28000$ лм).

Микроклимат на рабочем месте в лабораторных помещениях определяется температурой воздуха, относительной влажностью, скоростью движения воздуха, барометрическим давлением.

Температура воздуха поддерживается постоянной зимой – за счёт отопительных систем, летом – за счёт вентиляции.

Вентиляция – это организованный воздухообмен в помещениях. По способу перемещения воздуха подразделяются на:

- естественную (аэрация, проветривание);
- механическую (приточная, приточно-вытяжная).

Работа вентиляционной системы создаёт на постоянных рабочих местах метеорологические условия и чистоту воздушной среды, соответствующие действующим санитарным нормам СанПиН 2.2.4.548096.

Применяется приточно-вытяжная вентиляция, т. к. при проведении экспериментов отсутствует выделение вредных веществ.

Микроклимат производственного помещения лаборатории голографической интерферометрии соответствует СанПиН 2.2.4.548096.

6.3 Разработка методов защиты от вредных и опасных факторов

Защитное заземление является простым, эффективным и широко распространённым способом защиты человека от поражения электрическим током. Обеспечивается это снижением напряжения оборудования, оказавшегося под напряжением и землёй до безопасной величины.

Конструктивными элементами защитного заземления являются заземлители – металлические проводники, находящиеся в земле, и

заземляющие проводники, соединяющие заземляемое оборудование с заземлителем.

В лаборатории голографической интерферометрии применяются искусственные заземлители – вертикально забитые стальные трубы длиной 2,5 метров и диаметром 20 мм.

Сопротивление заземляющего устройства для электроустановок мощностью до 100 кВт и напряжением до 1000 В должно быть не более 10 Ом. На проектируемом участке применено контурное заземляющее устройство, которое характеризуется тем, что его одиночные заземлители размещают по контуру площадки, на котором находится заземляемое оборудование.

Сущность расчёта защитного сопротивления сводится к определению числа вертикальных заземлителей и длины соединительной полосы.

Глубина заземления составляет 0,8 м, почва – суглинок.

Сопротивление одиночного заземлителя R_3 , вертикально установленного в землю, определяется по формуле (65).

$$R_3 = \frac{\frac{p_r}{2} \cdot \pi \cdot l_m}{\ln(4 \cdot \frac{h_m}{d})}, \quad (65)$$

где d – диаметр трубы заземлителя, см: $d = 2$ см;

p_r – удельное сопротивление грунта, Ом·см: $p_r = 10^4$ Ом·см;

l_m – длина трубы, см: $l_m = 250$ см;

h_m – глубина заделки трубы в землю, равная расстоянию от поверхности земли до середины трубы, см: $h_m = 205$ см.

Определим сопротивление одиночного заземлителя, вертикально установленного в землю:

$$R_3 = \frac{\frac{10^4}{2} \cdot \pi \cdot 250}{\ln(4 \cdot \frac{205}{2})} = 17 \text{ Ом.}$$

Определяем требуемое число заземлителей Π , по формуле (66).

$$\Pi = \frac{R_3}{R \cdot \eta} \text{ шт.}, \quad (66)$$

где η – коэффициент использования группового заземлителя, $\eta = 0,8$.

$$\Pi = \frac{16}{5 \cdot 0,8} = 2,56 \text{ шт.}, \text{ принимаем } \Pi = 3 \text{ шт.}$$

Длину соединительной полосы определяем по формуле (67).

$$l_n = 1,05 \cdot a \cdot (\Pi - 1), \quad (67)$$

где a – расстояние между заземлителями, м.

$$l_n = 1,05 \cdot 5 \cdot (3 - 1) = 10,5 \text{ м.}$$

Сопротивление соединительной полосы по формуле (68).

$$R_3 = \left(\frac{p_n}{2} \cdot \pi \cdot l_n \right) \cdot \ln\left(\frac{4 \cdot l_n^2}{h_n \cdot b} \right), \quad (68)$$

где p_n – удельное сопротивление грунта, Ом·см: $p_n = 10^4$ Ом·см;

l_n – длина полосы, см: $l_n = 4200$ см;

h_n – глубина заковки трубы в землю, см: $h_n = 80$ см;

b – ширина полосы, см: $b = 1,2$ см.

$$R_n = \left(\frac{10^4}{2} \cdot \pi \cdot 4200 \right) \cdot \ln \left(\frac{4 \cdot 4200^2}{80 \cdot 1,2} \right) = 4,8 \text{ Ом.}$$

Результирующее сопротивление по всей системе с учётом соединительной полосы и коэффициентов использования определяется по формуле (6.9).

$$R_c = \frac{R_z \cdot R_n}{R_z \cdot \eta_n + R_n + \eta_n \cdot \Pi}, \quad (6.9)$$

где η_z – коэффициент использования труб контура, $\eta_z = 0,8$;

η_n – коэффициент использования полосы, $\eta_n = 0,7$.

Подставив значения в формулу получим:

$$R_c = \frac{17 \cdot 4,8}{17 \cdot 0,7 + 4,8 + 0,8 \cdot 3} = 4,27 \text{ Ом} < 10 \text{ Ом}$$

Движущиеся органы станков могут нанести травму работающему, поэтому на силовой установке предусмотрено ограждение в виде рамки которое ограничивает доступ к опасным элементам установки. Не допускается работать на установке в расстёгнутой одежде. Работники, имеющие длинные волосы должны убирать их под головной убор.

Шум – любой нежелательный звук, воспринимаемый органом слуха человека. Представляет собой беспорядочное сочетание звуков различной интенсивности и частоты. В соответствии с классификацией шумов, установленной СН 2.2.4/2.1.8.562-96 шумы делятся:

- широкополосные;
- тональные;
- постоянные;
- непостоянные;
- прерывистые;
- колеблющиеся;
- импульсные.

В борьбе с производственным шумом применяются методы:

- уменьшение шума (совершенствование технологических операций и применяемого оборудования);
- ослабление на пути следования шума (проводится акустическая обработка помещений, основанная на явлении поглощения звука волокнисто-пористыми материалами);

Предельно допустимый уровень шума на рабочих местах установлен СН 2.2.4/2.1.8.562-96 и составляет 85 Дб.

Вибрация – механические колебания упругих тел или колебательные движения механических систем. По характеру действия на организм человека вибрацию подразделяют на общую (действует на всё тело) и местную (действует только на руки рабочего). Для уменьшения уровня вибрации применяют виброизоляцию. Между источником и объектом помещаются

упругие элементы – амортизаторы. Предельно допустимая норма вибраций по СН 2.2.4/2.1.8.566-96: общая – 92 ДБ; местная – 120 ДБ.

При обработке металлов резанием образуется элементная стружка. Образующиеся элементы стружки сходят по поверхности режущего инструмента под действием собственного веса, что не несет опасности для человека во время проведения эксперимента. Поскольку при проведении эксперимента проводится регистрация компонент силы резания, применение СОТС не допустимо из-за подачи электрического тока к динамометру, который контактирует с режущим инструментом.

Неправильное положение тела на рабочем месте приводит к возникновению статической усталости, снижению качества и скорости работы, а так же снижению реакции на опасность.

Таким образом, для обеспечения эффективной и безопасной трудовой деятельности работника нужно учитывать все ниже перечисленные факторы. Их несоблюдение ведёт к психической нестабильности, а именно, раздражительности, нервозности и утомляемости работника, что негативно сказывается на здоровье работающего и на производстве.

6.4 Разработка мероприятий по предупреждению и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций

С целью защиты работников и территории от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, опасностей, возникающих при ведении военных действий или вследствие этих действий предприятие создаёт и содержит в постоянной готовности необходимые защитные сооружения и организации гражданской обороны в соответствии с федеральными законами РФ от 21.12.94 №66 «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций техногенного характера», от 12.02.98 №28 «О гражданской обороне» и постановлением правительства РФ №620 от 10.06.99 «О гражданских организациях гражданской обороны».

Лабораторные помещения, в которых осуществляется проведение экспериментальных исследований, в том числе и обработка резанием, должны соответствовать требованиям СНиП II-2-80, СНиП II-89-80, санитарных норм проектирования промышленных предприятий СНиП II-92-76. Лаборатория должна быть оборудована средствами пожаротушения по ГОСТ 12.4.009-83:

- огнетушитель порошковый ОП-2 для тушения лакокрасочных материалов и оборудования под напряжением – 2 шт;
- песок (чистый и сухой) для тушения электроустановок под напряжением – 0,5 м³;
- кран внутреннего пожарного водопровода – 1 шт;
- огнетушитель углекислотный ОУ-8 – 2 шт.

При проектировании и строительстве производственных зданий (электромашинных помещений, трансформаторных подстанций) необходимо учитывать категорию пожаро опасности производства. Согласно СНиП 2-90-

81 в зависимости от характеристики обращающихся в производстве веществ и их количества производства подразделяются по пожарной и взрывной опасности на шесть категорий: А, Б, В, Г, Д и Е. Производства категорий А, Б, В характеризуется обращением горючих газов, жидкостей, пылей с различными показателями пожаро опасности от более опасных до менее опасных: категория А - склады бензина, аккумуляторные; категория Б - размольные отделения мельниц, мазутное хозяйство; категория В - применение и хранение масел, узлы пересыпки угля; категория Г - наличие веществ, материалов в горячем, раскаленном, расплавленном состоянии (котельные, литейные, кузнечные); категория Д - наличием негорючих веществ в холодном состоянии (электроремонтные мастерские, щитовые и тп.); категория Е - взрывоопасные производства - наличие газов и взрывоопасной пыли, но в таком количестве, что возможен только взрыв без последующего горения (зарядные станции). Согласно СНиП 2-90-81 рассматриваемая лаборатория принадлежит категории Д.

6.5 Обеспечение экологической безопасности и охраны окружающей среды.

Проблема защиты окружающей среды одна из важнейших задач современности. Выбросы промышленных предприятий, энергетических систем и транспорта в атмосферу, водоёмы достигают больших размеров.

Данное производство, т. е. экспериментальное исследование, не является вредным, нет значительных выбросов вредных веществ, пыли в атмосферу. Выбросы соответствуют допустимым по ГОСТ 17.2.302–78, поэтому их очистка не предусмотрена.

В процессе производства образуется не большое количество отходов, которые при соответствующей обработке могут быть использованы, как сырьё для промышленной продукции. Отходы вывозятся из лаборатории для переработки и для захоронения на полигонах.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы был проведен обзор литературы, выполнены исследования связанные с безвершинным точением и формирующимися сигналами вибраций и акустической эмиссии с регистрацией технологических составляющих силы резания, приведены графические изображения сигналов виброускорения, огибающей сигнала акустической эмиссии при обработке нежестких валов с различным соотношением длины вала к его диаметру.

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы был разработан технологический процесс механической обработки основания резца для безвершинного точения ФЮРА.А21080.009 для мелкосерийного производства.

На основании типового технологического процесса была спроектирована заготовка из горячекатаного проката стали, коэффициент использования металла равен $K_{им}=0,36$.

В спроектированном технологическом процессе применено современное металлорежущее оборудование (вертикально-фрезерный обрабатывающий центр DMC 635 Vecoline.), что в значительной степени снижает трудоемкость и повышает точность обрабатываемой детали.

Выбранные средства технологического оснащения позволили повысить режимы резания, что значительно сократило время на изготовление и общую трудоемкость.

В конструкторской части описана конструкция резца для безвершинного точения с возможностью установки датчиков вибрации и акустической эмиссии.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Подураев В.Н. Базаров А.А., Горелов В.А. Технологическая диагностика резания методом акустической эмиссии. -М.: Машиностроение, 1988. -56 с.
2. S. Hannichet. al. // Procedia CIRP 18 (2014) 84-89
3. S. Liang, D. Dornfeld, Tool wear detection using time series analysis of acoustic emission, J. Eng. Ind. Trans. ASME 111 (3) (1989) 199–205.
4. X. Li / International Journal of Machine & Manufacture 42 (2002) 157 – 165
5. H. Ravindra, Y. Srinivasa, R. Krishnamurthy, Acoustic emission for tool condition monitoring in metal cutting, Wear 212 (1) (1997) 78 – 84
6. K. Kim, K. Kim, H. Hwang, Progressive tool wear sensing in turning operations via acoustic emission signal processing, American Society of Mechanical Engineers, Production Engineering Division PED 21 (1986) 297 – 307
7. S. Cho, K. Komvopoulos, Correlation between acoustic emission and wear of multi-layer ceramic coated carbide tools, J. Manuf. Sci. Eng. Trans. ASME 119 (2) (1997) 238 – 246.
8. D.A. Dornfeld, Application of acoustic emission techniques in manufacturing, NDT&E International 25 (6) (1992) 259 – 269.
9. D.A. Dornfeld, E. Kannatey-Asibu Jr., Quantitative relationships for acoustic emission from orthogonal metal cutting, Transactions of ASME, Journal of Engineering for Industry 103 (1981) 330 – 340.
10. D.A. Dornfeld, E. Kannatey-Asibu Jr., A study of tool wear using statistical analysis of metal cutting acoustic emission, Wear 76 (1982) 247 – 261.
11. D.A. Dornfeld, R. Teti, Modeling and experimental analysis of acoustic emission from metal cutting, Transactions of ASME, Journal of Engineering for Industry 111 (1989) 229 – 237
12. D.A. Dornfeld, E. Kannatey-Asibu Jr., Quantitative relationships for acoustic emission from orthogonal metal cutting, Transactions of ASME, Journal of Engineering for Industry 103 (1981) 330 – 340.
13. D. A. Dornfeld and E. K. Asibu, Acoustic emission during orthogonal metal cutting, International Journal of Mechanical Science, 22 (1980) 285-296.
14. R.Y. Chiou, S.Y. Liang, Dynamic modeling of cutting acoustic emission via piezo-electric actuator wave control, International Journal of Machine Tools & Manufacture 40 (5) (2000) 641 – 659
15. Y. B Guo, S. C. Ammula, Real-time acoustic emission monitoring for surface damage in hard machining, International Journal of Machine Tools and Manufacture, 45 (2005) 1622-1627.]
16. J. Bhaskaran et al. / Journal of Mechanical Science and Technology 26 (2) (2012) 609~615
17. M. Neslušan et al. / Measurement 70 (2015) 1–13
18. I. Inasaki, Application of acoustic emission sensor for monitoring machining processes, Ultrasonics 36 (1998) 273–281.
19. K. Uehara, Identification of chip formation mechanism through acoustic emission measurements, CIRP 33 (1) (1974) 71 – 74.

20. Y.B. Guo, S.C. Ammala, Real-time acoustic emission monitoring for surface damage in hard machining, *Int. J. Mach. ToolManuf.* 45 (2005) 1622 – 1627.
21. Козочкин М.П. Исследование акустических свойств фрикционного контакта в условиях сухого трения // *СТИН* №12, 2014. – С.12-17
22. Алешин С.А., Белый Г.Ю., Вopilкин А.А. Методы акустического контроля металлов. -М.: Высшая школа, 1988. -306С.
23. Фирсов А.М., Вдовин А.В., Перепелкин П.В., Тимахович И.В. Взаимосвязь параметров акустической эмиссии с режимами резания и шероховатостью поверхности при токарной обработке // *Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты)*. 2012. №2. С. 70-75.
24. Никищечкин А.П. Корректировка скорости процесса резания на основе анализа акустической эмиссии и нейросетевого обобщения экспериментальных данных // *Вестник МГТУ СТАНКИН*. 2012. №4. С.119-121.
25. Пронин А.И., Мыльников В.В., Чернышов Е.А., Шетулов Д.И. Определение оптимальной скорости резания твердого точения с использованием сигналов акустической эмиссии // *Контроль. Диагностика*. 2014. №4. С.40-44.
26. Мирошин И.В. Методика акустико-эмиссионных исследований наследуемых параметров качества поверхностного слоя в условиях резания и поверхностного пластического деформирования // *Вестник КузГТУ*. 2010. №3. С.46-49.
27. T. Sisson, R. Kegg An explanation of low speed chatter effects // *ASME Journal of Engineering for Industry*, 91 (1969), p. 951
28. M.A. Elbestawi, F. Ismail, R. Du, B.C. Ullagaddi Modelling machining dynamics including damping in the tool-workpiece interface // *Journal of Engineering for Industry*, 116 (1994), pp. 435 – 439
29. Y.S. Chiou, E.S. Chung, S.Y. Liang Analysis of tool wear effect on chatter stability in turning // *International Journal of Mechanical Sciences*, 37 (1995), pp. 391 – 404
30. B.E. Clancy, Y.C. Shin A comprehensive chatter prediction model for face turning operation including tool wear effect // *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 42 (2002), pp. 1035 – 1044
31. M.S. Fofana, K.C. Ee, I.S. Jawahir Machining stability in turning operation when cutting with a progressively tool insert // *Wear*, 255 (2003), pp. 1395 – 1403
32. Y. Altintas, M. Eynian, H. Onozuka Identification of dynamic cutting force coefficients and chatter stability with process damping // *CIRP Annals — Manufacturing Technology*, 57 (2008), pp. 371 – 374
33. H. Moradi, M.R. Movahhedy, G.R. Vossoughi Robust control strategy for suppression of regenerative chatter in turning // *Journal of Manufacturing Processes*, 11 (2009), pp. 55 – 65
34. E. Budak, L. Tunc Identification and modeling of process damping in turning and milling a new approach // *CIRP Annals — Manufacturing Technology* (2010)

35. Y. Kurata, S.D. Merdol, Y. Altintas, N. Suzuki, E. Shamoto Chatter stability in turning and milling in process identified process damping // *Journal of Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing*, 4 (2010), pp. 1107 – 1118
36. L.T. Tunç, E. Budak Effect of cutting conditions and tool geometry on process damping in machining // *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 57 (2012), pp. 10 – 19
37. E. Turkes, S. Orak, S. Neseli, S. Yaldiz, Linear analysis of chatter vibration and stability for orthogonal cutting in turning, *International Journal of Refractory Metals and Hard Materials* 29 (2011) 163-169.
38. M.M. Nigm, A method for the analysis of machine tool chatter, *International Journal of Machine Tool Design and Research* 21 (1981) 251 – 261.
39. I.E. Minis, E.B. Magrab, I.O. Pandelidis, Improved methods for the prediction of chatter in turning, Part3. A generalized linear theory, *Journal of Engineering for Industry, Transactions ASME* 112 (1991) 28 – 35.
40. Z.C. Wang, W.L. Cleghorn, Stability analysis of spinning stepped-shaft workpieces in , *Journal of Sound and Vibration* 250 (2002) 356 – 367.
41. M. Eynian, Y. Altintas, Chatter stability of general turning operations with process damping, *Journal of Manufacturing Science and Engineering* 131 (2009) 041005–041010
42. M. Kayhan, E. Budak An experimental investigation of chatter effects on tool life // *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*, 223 (2009), pp. 1455 – 1463
43. S. Kebdani, A. Sahli, O. Rahmani, D. Boutchicha, A. Belarbi Analysis of chatter stability in facing // *Journal of Applied Sciences*, 8 (2008), pp. 2050 – 2058
44. W.A. Knight, Chatter in turning: some effects of tool geometry and cutting conditions, *Journal of Machine Tool Design and Research* 12 (1972) 201 – 220.
45. L.J. Yeh, G.J. Lai A study of the monitoring and suppression system for turning slender workpieces // *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture* 1989–1996 (vols 203 – 210), 209 (1995), pp. 227 – 236
46. C.M. Taylor, S. Turner, N.D. Sims, Chatter, process damping, and chip segmentation in turning: a signal processing approach // *Journal of Sound and Vibration* 329 (2010) 4922-4935.
47. Y. Matsumoto, N. Tjiang, B. Foote, Y. Naerheimh, Tool wear monitoring using acoustic emission in the existence of chatter, *International Journal of Production Research* 28 (1990) 1861 – 1869.
48. R.Y. Chiou, S.Y. Liang, Analysis of acoustic emission in chatter vibration with tool wear effect in turning, *International Journal of Machine Tools and Manufacture* 40 (2000) 927 – 941.
49. J.H. Lange, N.H. Abu-Zahra, Tool chatter monitoring in turning operations using wavelet analysis of ultrasound waves, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 20 (2002) 248 – 254.
50. M.Wang,T.Zan,Y.Yang,R.Fei, Design and implementation of non-linear TMD for chatter suppression: an application in turning processes, // *International JournalofMachineToolsandManufacture*50(2010) 474 – 479.

51. A. Ganguli, A. Deraemaeker, A. Preumont, Regenerative chatter reduction by active damping control, *Journal of Sound and Vibration* 300 (2007) 847 – 86.
52. M. Chen, C.R. Knospe, Control approaches to the suppression of machining chatter using active magnetic bearings, *IEEE Transactions on Control Systems Technology* 15 (2007) 220 – 232.
53. Рыжков Д.И. вибрации при резании металлов и методы их устранения. М.: Машгиз, 1961.
54. Эльясберг М.Е. Основы теории автоколебаний при резании металлов // Станки и инструмент. 1962. № 10. 11с.
55. Каширин А.И. Исследование вибраций при резании металлов. М.: Изд-во АН СССР, 1944.
56. Жарков И. Г. Вибрации при обработке лезвийным инструментом. Л.: Машиностроение, 1986. -184 с
57. Козочкин М.П., Солис Н.В. Исследование связи вибраций при резании с качеством получаемой поверхности // Вестник РУДН. Сер.:Инж. иссл. 2009. №2. С.16-23.
58. Козочкин М.П. Особенности вибраций при резании материалов // СТИН. 2009. №1. С.29-35.
59. Леонтьев Б.В., Леонтьева А.Н. Управление процессом резания с целью устранения вибраций // Вологдинские чтения. 2012. №80. С.159-162.
60. E. Ozlu, E. Budak Comparison of one-dimensional and multi-dimensional models in stability analysis of turning operations // *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 47 (2007), pp. 1875 – 1883
61. A.V. Dassanayake, C.S. Suh On nonlinear cutting response and tool chatter in turning operation // *Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation*, 13 (2008), pp. 979 – 1001
62. N. Suzuki, K.N.E. Shamoto, K. Yoshino Effect of cross transfer function on chatter stability in plunge cutting // *Journal of Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing*, 4 (2010), pp. 883 – 891
63. Z. Dombovari, D.A.W. Barton, R. Eddie Wilson, G. Stepan On the global dynamics of chatter in the orthogonal cutting model // *International Journal of Non-Linear Mechanics*, 46 (2011), pp. 330 – 338